AUTORITÀ PORTUALE DI SAVONA

PORTO DI VADO LIGURE

PROJECT FINANCING PER:

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, ESECUZIONE DEI LAVORI DELLA NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE DEL PORTO DI VADO LIGURE E GESTIONE DELLA PARTE RELATIVA AL TERMINAL CONTENITORI

SOCIETÀ DI PROGETTO: APM TERMINALS VADO LIGURE S.p.A.

MAERSK

CLF GRANDI LAVORI FINCOSIT

PROGETTAZIONE:

TECHNITAL S.p.A.

IL RESPONSABILE:

Dott. Ing. Guido Fiorini

PROGETTO ESECUTIVO - FASE 2 E CONTESTUALE PERIZIA DI VARIANTE DELLA FASE 1

ELABORATO N° :

MI010P-PE-S-C-R-4157-C0

TITOLO ELABORATO

SOVRASTRUTTURA CASSONI REGGISPINTA N1÷N18/Q1÷Q8 RELAZIONE DI CALCOLO

DATA				
settembre 2014		ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
SIGLA		M. KARLSSON	P. BUONGIORNO	G. FIORINI
REVISIONE	1			
	2			
	3			

NOME FILE

MI010P-PE-S-C-R-4157-C0 Cassoni reggispinta N1÷N18/Q1÷Q8 Rel di Calcolo.doc

A TERMINE DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO RENDENDOLO NOTO A TERZI ANCHE PARZIALMENTE SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE

AUTORITÀ PORTUALE DI SAVONA

PORTO DI VADO LIGURE

PROJECT FINANCING PER:

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, ESECUZIONE DEI LAVORI DELLA NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE DEL PORTO DI VADO LIGURE E GESTIONE DELLA PARTE RELATIVA AL TERMINAL CONTENITORI

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTO ESECUTIVO - FASE 2

E CONTESTUALE PERIZIA DI VARIANTE DELLA FASE 1

SOVRASTRUTTURA CASSONI REGGISPINTA N1÷N18/Q1÷Q8

RELAZIONE DI CALCOLO

INDICE

1 INTRODUZIONE GENERALE 8
1.1 Programma di verifica 9
1.2 Documenti di riferimento 9
1.3 Caratteristiche e dati di calcolo 10
1.4 Legislazione di riferimento 12
1.5 Combinazioni di carichi e coefficenti parziali 12
1.6 Dati per le verifiche delle strutture in cemento armato 14
1.6.1. Materiali 14
1.6.2. Copriferro 15
1.6.3. Fessurazioni e tensioni agli SLE 15
1.6.4. Delta temperatura 15
2 VERIFICA SOVRASTRUTTURA SUI CASSONI N1-N18 16
2.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) 18
2.2 Calcolo e verifica dell'armatura in prossimità della bitta 25
2.2.1 Verifica armatura di ancoraggio 25
2.2.2 Verifica dell'orditura della sovrastruttura in zona bitta 26
2.2.3 Verifica armatura pareti esterne sovrastruttura 26
2.2.4 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) 28
2.3 Verifica di stabilità concio di sovrastruttura 34
2.4 Verifica sovrastruttura punto di sollevamento 35
3 VERIFICA SOVRASTRUTTURA SUI CASSONI Q1-Q7 43
3.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) 46
3.2 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) 60
4 VERIFICA SOVRASTRUTTURA SUL CASSONE Q8 77
4.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) 81
4.2 Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE) combinazioni frequenti 99
4.3 Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE) combinazioni rare 104

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 - Planimetria cassoni banchina / terrapieno 8
Figura 2.1 - Carpenteria concio tipo sovrastruttura cassoni N1-N18 - pianta 16
Figura 2.2 - Carpenteria concio tipo sovrastruttura cassoni N1-N18 – sezione trasversale 17
Figura 2.3 - Cassone d'angolo - Cresta d'onda (H_s=3.8m) – Tr=250anni – cassone a q.ta-16.50 17
Figura 2.4 - Schema statico sovrastruttura su cassoni N1-N18 18
Figura 2.5 - Schema identificativo sovrastruttura su cassoni N1-N18 21
Figura 2.6 - Sovrastruttura banchina container in corrispondenza di punto di sollevamento 36
Figura 2.7 - Sovrastruttura banchina container in corrispondenza di punto di sollevamento – Schema statico 37
Figura 2.8 - M11[kNm/m] 38
Figura 2.9 - M11[kNm/m] 38
Figura 2.10 - M22[kNm/m] 39
Figura 2.11 - M22[kNm/m] 39
Figura 2.12 - Reazioni vincolari[kN] 40
Figura 2.13 - V13[kNm/m] 41
Figura 2.14 - V23[kNm/m] 42
Figura 3.1 - Carpenteria concio sovrastruttura cassoni Q1-Q7 - pianta 43
Figura 3.2 - Carpenteria concio sovrastruttura cassoni Q1-Q7 – sezione trasversale 44
Figura 3.3 - Carpenteria concio sovrastruttura cassoni Q1-Q7 – sezione longitudinale 44
Figura 3.4 - Schema statico sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 44
Figura 3.5 - Schema identificativo sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 45
Figura 3.6 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLU –min M22[kNm/m] 47
Figura 3.7 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLU –max M22[kNm/m] 48
Figura 3.8 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLU –min M11[kNm/m] 49
Figura 3.9 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLU –max M11[kNm/m] 50
Figura 3.10 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLU –max M11[kNm/m] 51
Figura 3.11 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLU –min M11[kNm/m] 52
Figura 3.12 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLU –max V13[kN/m] 53
Figura 3.13 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLU –max V23[kN/m] 54

Figura 3.14 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLU –max V13[kN/m] 55
Figura 3.15 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLE(freq) –min M22[kNm/m] 61
Figura 3.16 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLE(freq) –max M22[kNm/m] 62
Figura 3.17 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLE(freq) –min M11[kNm/m] 63
Figura 3.18 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLE(freq) –min M11[kNm/m] 64
Figura 3.19 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLE(freq) –max M11[kNm/m] 65
Figura 3.20 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLE(freq) –max M11[kNm/m] 66
Figura 3.21 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLE(freq) –min M22[kNm/m] 69
Figura 3.22 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLE(freq) –max M22[kNm/m] 70
Figura 3.23 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLE(freq) –min M11[kNm/m] 71
Figura 3.24 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLE(freq) –min M11[kNm/m] 72
Figura 3.25 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLE(freq) –max M11[kNm/m] 73
Figura 3.26 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – Inviluppo SLE(freq) –max M11[kNm/m] 74
Figura 4.1 - Carpenteria concio sovrastruttura cassone Q8 - pianta 77
Figura 4.2 - Carpenteria concio sovrastruttura cassone Q8 – sezione trasversale 78
Figura 4.3 - Carpenteria concio sovrastruttura cassoni Q8 – sezione longitudinale 78
Figura 4.4 - Posizione fondazioni edificio A su cassone Q8 79
Figura 4.5 - Schema statico sovrastruttura su cassone Q8 79
Figura 4.6 - Schema identificativo sovrastruttura su cassone Q8 80
Figura 4.7 - Carichi verticali F3 in fase statica su cassone Q8 81
Figura 4.8 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLU –min M22[kNm/m] 82
Figura 4.9 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLU –max M22[kNm/m] 83
Figura 4.10 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLU –min M11[kNm/m] 84
Figura 4.11 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLU –max M11[kNm/m] 85

Figura 4.12 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLU(sisma) – min M22[kNm/m] 90
Figura 4.13 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLU(sisma) – max M22[kNm/m] 91
Figura 4.14 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLU(sisma) – min M11[kNm/m] 92
Figura 4.15 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLU(sisma) – max M11[kNm/m] 93
Figura 4.16 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLU) – min V13[kN/m] 95
Figura 4.17 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLU –max V13[kN/m] 96
Figura 4.18 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLU –max V23[kN/m] 97
Figura 4.19 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLU) – min V23[kN/m] 98
Figura 4.20 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLE(freq) –min M22[kNm/m] 100
Figura 4.21 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLE(freq) –max M22[kNm/m] 101
Figura 4.22 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLE(freq) –min M11[kNm/m] 102
Figura 4.23 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLE(freq) –max M11[kNm/m] 103
Figura 4.24 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLE(rare) –min M22[kNm/m] 105
Figura 4.25 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLE(rare) –max M22[kNm/m] 106
Figura 4.26 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLE(rare) –min M11[kNm/m] 107
Figura 4.27 - Sovrastruttura su cassone Q8- Inviluppo SLE(rare) –max M11[kNm/m] 108

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2-1 - Sovrastruttura cassoni N1-N18 - Verifiche cemento armato agli SLU 20
Tabella 2-2 - Sovrastruttura cassoni N2-N14 - Verifiche cemento armato agli SLE(frequenti) 30
Tabella 2-3 - Sovrastruttura cassoni N1-N18 - Verifiche cemento armato agli SLE(rare) 33
Tabella 3-1 - Sovrastruttura su cassoni Q1-Q7 – verifiche SLU 56
Tabella 3-2 - Sovrastruttura cassoni Q1-Q7 - Verifiche cemento armato agli SLE (combinazioni frequenti) 67
Tabella 3-3 - Sovrastruttura cassoni Q1-Q7 - Verifiche cemento armato agli SLE(combinazioni rare) 75
Tabella 4-1 - Sovrastruttura su cassoni Q8 – verifiche SLU- M22 86
Tabella 4-2 - Sovrastruttura su cassoni Q8 – verifiche SLU- M11 86
Tabella 4-3 - Carichi inviluppo SLY_X_Max su cassone Q8 87

Tabella 4-4 - Carichi inviluppo SLY_X_Min su cassone Q8 87
Tabella 4-5 - Carichi inviluppo SLY_Y_Max su cassone Q8 88
Tabella 4-6 - Carichi inviluppo SLY_Y_Min su cassone Q8 88
Tabella 4-7 - Sovrastruttura su cassone Q8 – verifiche SLU(sisma) 94
Tabella 4-8 - Sovrastruttura su cassone Q8 – verifiche SLE(combinazioni frequente) 104
Tabella 4-9 - Sovrastruttura su cassone Q8 – verifiche SLE(combinazioni rare) 109

1 INTRODUZIONE GENERALE

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento del cemento armato della sovrastruttura sui cassoni di banchina (N1÷N18) e sui cassoni di contenimento (Q1÷Q8) del terrapieno facenti parte della piattaforma multifunzionale di Vado Ligure.

Nella figura seguente si riporta la planimetria del terrapieno con l'ubicazione dei cassoni.

La sovrastruttura viene gettata in opera sui cassoni in precedenza posati.

La sovrastruttura della banchina container contiene le travi gru sia lato mare sia lato terra dello scaricatore. La sovrastruttura sui cassoni Q1÷Q7 lato piattaforma contiene le travi gru per la movimentazione dei container in stoccaggio. Inoltre nel cassone Q7 è alloggiato il serbatoio d'acqua del sistema antincendio. Il cassone Q8 fa da fondazioni all'edificio A.

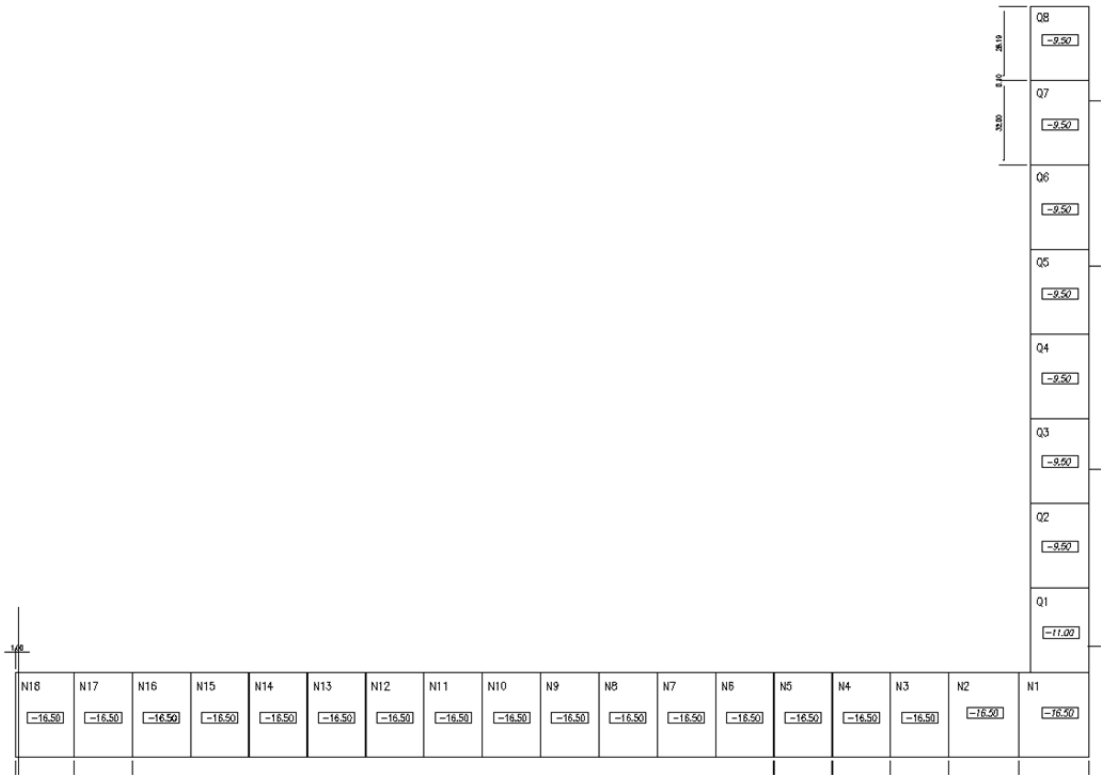


FIGURA 1.1 - PLANIMETRIA CASSONI BANCHINA / TERRAPIENO

1.1 Programma di verifica

Le verifiche svolte per accertare la stabilità della sovrastruttura nelle varie condizioni di lavoro prese in esame sono state raggruppate nei capitoli della presente relazione come segue:

Cap. 2 - Verifica cemento armato della sovrastruttura sui cassoni N1-N18

Cap. 3 - Verifica cemento armato della sovrastruttura sui cassoni Q1-Q7

Cap. 4 - Verifica cemento armato della sovrastruttura sul cassone Q8

1.2 Documenti di riferimento

I pesi specifici e i dati di calcolo utilizzati sono stati tratti dalla relazione di calcolo del Progetto Definitivo presentata al Consiglio Superiore per i Lavori Pubblici di Marzo 2010.

MI010P-PD-G-Z-R-1001-C4	Marzo 2010	Relazione Descrittiva Generale
MI010P-PD-G-G-R-1121-C3	Gennaio 2010	Rapporto Geotecnico – Calcolo dei Cedimenti e della stabilità delle opere – Verifiche Normative
MI010P-PD-S-C-R-1001-C2	Giugno 2009	Area a giorno – Cassoni di reggispinta – Relazione di calcolo
MI010P-PD-G-L-R-1109-C2	Giugno 2009	Relazione Meteomarina
MI010P-PD-G-Z-R-1111-C3	29/01/2010	Valutazione della pericolosità sismica e verifica di liquefazione
MI010P-PD-G-N-R-1115-C2	Giugno 2009	Dimensionamento delle strutture di accosto e verifica degli schemi di ormeggio
VADAPMTCIV-CP-RP-001-6.5.1	April 2012	Design criteria

1.3 Caratteristiche e dati di calcolo

Dati Opera (DM 14/01/2008; Cap. 2)		
Vita Nominale dell'opera V_N	50	Anni
Classe d'uso	II	
Periodo di riferimento per l'azione sismica Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) con probabilità di superamento del 10% nel periodo di riferimento	475	Anni
Periodo di riferimento per l'azione sismica Stato Limite di Collasso (SLC) con probabilità di superamento del 5% nel periodo di riferimento	975	Anni
Pesi materiali		
Peso calcestruzzo sovrastruttura	24.50	kN/m^3
Peso pavimentazione	20.00	kN/m^3
Peso acqua di mare	10.1	kN/m^3
Peso riempimento fuori acqua	18.0	kN/m^3
Quote		
Quota di sommità sovrastruttura fase definitiva	+4.50	m
Quota di estradosso sovrastruttura cassoni N1-N14,Q1-Q7	+2.50	m
Quota di estradosso sovrastruttura cassoni Q8	+1.70	m
Quota di estradosso sovrastruttura cassoni N17-N18	+2.00	m
Sovraccarichi		
Sovraccarico distribuito banchina container	40	kPa
Sovraccarico distribuito cassoni terrapieno Q1-Q7 ($9.4t/m^2$)	92	kPa
Sovraccarico distribuito cassoni terrapieno Q8	20	kPa
Carichi concentrati da fondazione edificio sul cassone Q8, plinti P9-P20	ved. tabella	
Sovraccarico concentrato; 2 container d'altezza [30.5 t cad] 20 ft o [36 t cad] 40 ft containers, con 2 angoli adiacenti caricando un'area di circa 500mm per 150mm; 2x360kNx2/4/0.5/0.15=4800kPa a q.ta +4.50. Considerando una diffusione verticale a 45° le pressioni ai vari livelli diventano:	(q.+4.5) 4800	kPa
	(q.+3.0) 33	kPa
Sovraccarico concentrato; un container [30.5 t cad] 20 ft o [36 t cad] 40 ft containers con 4 angoli adiacenti caricando un area di 500mm per 500mm; 4x360kN/4/0.5/0.5=1440kPa a q.ta +4.50. Considerando diffusione verticale	(q.+4.5) 1440 (q.+3.0) 26	kPa kPa

a 45° le pressioni ai vari livelli diventano:		
Gru di banchina STS		
Interasse rotaia	30.48	m
Distanza rotaia gru lato mare filo banchina	3.50	m
Carico verticale a ruota tempesta (1.3m x 950kN/m=1235kN/ruota x 16ruote/22m) per verifiche agli SLU	900	kN/m
Carico verticale a ruota in esercizio (1.3m x 850kN/m=1105kN/ruota x 16ruote/22m per verifiche agli SLE	804	kN/m
Carico orizzontale a ruota (scarocciamento) 175kN/ruota x 16/22m)	127	kN/m
Numero ruote / angolo	8	Ruote
Interasse fra ruote	1.3	M
Attacco di tempesta (storm pin)	1800	kN
Fine corsa gru STS	1200	kN
Punto di sollevamento (jacking point)	6000	kN
Gru piazzali RMG		
Carico verticale a ruota verifiche agli SLU (4x420kN/5.6m)	300	kN/m
Carico orizzontale a ruota (scarocciamento) 260kN/angolo /5.6m)	46.5	kN/m
Numero ruote / angolo	4	Ruote
Interasse fra ruote	1.2	m
Attacco di tempesta (storm pin)	320	kN
Punto di sollevamento (jacking point)	500	kN
Bitte		
Bitta d'ormeggio	1500	kN
Interasse bitte d'ormeggio	19	m
Quota applicazione tiro bitta	+5.10	l.m.m.
Direzione tiro nel piano orizzontale rispetto al filo banchina	0-180	°
Direzione tiro bitta nel piano verticale	-20-+70	°
Parabordi		
Reazione Parabordo (Tipo SCN 1600 o simile)	2355	kN
Interasse parabordi	19	m
Quota parabordo	+2.50	l.m.m.
Sisma		
Sisma limite di salvaguardia della vita (SLV) Tr=475anni a_g	0.15	g
Sisma limite di collasso (SLC) Tr=975anni a_g	0.20	g

Sisma utilizzato per le verifiche in fase sismica	0.20	g
Fattore β_m (sottosuolo B,C,D,E ; $0.1g \leq a_g \leq 0.2g$)	0.24	
Coefficiente sismico orizzontale per verifiche sismiche $k_h = \beta_m \times a_{max}/g$ = 0.24 x 0.20g/g	0.048	
Coefficiente sismico verticale verifiche sismiche $k_v=0.5xk_h$	0.024	
Temperatura		
Differenza di temperatura ΔT_u superficie esposto	±15	°C
Differenza di temperatura ΔT_u superficie protette	±10	°C

1.4 Legislazione di riferimento

Nell'ambito della presente relazione si è applicata la seguente normativa:

Legge 05/11/1971 n. 1086	▪ Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
Circolare Min. LL.PP. 14/02/1974 n. 11951	▪ Istruzioni per l'applicazione delle "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."
Circolare Min. LL.PP. 1996	▪ Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime
D.M. 14/1/2008	▪ Norme Tecniche per le Costruzioni
Circolare n°617 2/2/2009 CS.LL.PP	▪ Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"
Eurocodici	
EAU 2004 8th edition	▪ Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways

1.5 Combinazioni di carichi e coefficenti parziali

In conformità con quanto previsto dal DM 14/1/2008, per quanto riguarda i coefficienti parziali da utilizzare per le azioni, si rimanda alle tabelle riportate di seguito.

Coefficienti parziali					
		γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	favorevoli	γ	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,30	1,00
Carichi permanenti non strutturali	favorevoli	γ	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili	favorevoli	γ	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,5	1,50	1,30

Combinazioni di carico

In ciascuna combinazione le azioni variabili sono ridotte per tener conto della probabilità della contemporaneità degli eventi.

Nel seguito sono riportati i valori utilizzati nel calcolo, tenendo presente che:

- ψ_{0i} è il coefficiente di combinazione applicato ai carichi variabili secondari nelle combinazioni a s.l.u. e nelle combinazioni rare, moltiplicato rispettivamente per γ_{Qi} e per 1.0;
- ψ_{1i} è il coefficiente di combinazione applicato al carico variabile principale nelle combinazioni frequenti;
- ψ_{2i} è il coefficiente di combinazione applicato ai carichi variabili secondari nelle combinazioni frequenti, a tutti i carichi variabili nelle combinazioni quasi permanenti e ai carichi variabili in combinazione sismica.

	Ψ_{0i}	Ψ_{1i}	Ψ_{2i}
Sovraccarico	1.0	0.9	0.8
Tiro bitta/Parabordo	0.6	0.2	0
Onde	0.6	0.2	0
Gru	0.7	0.7	0.6
Variazioni termiche	0.6	0.5	0

Per la verifica di stabilità in fase sismica si considera soltanto il sovraccarico.

Per le verifiche per il cemento armato bisogna applicare set A1-M1 con valori come esposti sotto.

Fattori parziali per azioni γ_F:

Azione	**Set**	
	A1	**A2**
Permanente		
Destabilizzante γ_G	1.30	1.00
Stabilizzante γ_G	1.00	1.00
Variabile		
Destabilizzante γ_Q	1.50	1.30
Stabilizzante γ_Q	0.00	0.00

1.6 Dati per le verifiche delle strutture in cemento armato

1.6.1. Materiali

Per tutte le opere a progetto saranno utilizzati i seguenti materiali:

- calcestruzzo classe C35/45 confezionato con cemento pozzolanico o d'altoforno;
- classe d'esposizione : XS3
- armatura metallica in barre nervate ad aderenza migliorata tipo B450C (FeB44K).

Le resistenze caratteristiche dei materiali sono le seguenti:

- Resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo: fck = 35 N/mm^2
- Resistenza caratteristica a trazione semplice del calcestruzzo:
  f_{ctk} = 2.2 N/mm^2
- Resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio:
  f_{yk} = 450 N/mm^2

In conformità con quanto previsto dalla vigente normativa, nel calcolo si sono assunti i seguenti coefficienti riduttori delle resistenze caratteristiche dei materiali:

Coefficiente di sicurezza del calcestruzzo nei calcoli allo s.l.u.: γ_c= 1.50
Coefficiente di sicurezza dell'acciaio nei calcoli allo s.l.u.: γs= 1.15

1.6.2. Copriferro

Avendo l'opera una vita nominale di 50 anni ed essendo in ambiente molto aggressivo, utilizzando una classe di calcestruzzo C35/45 e barre poco sensibili alla corrosione, la normativa vigente prescrive un copriferro minimo di 40mm per elementi a piastra e 45mm per gli altri elementi. A tale valore va aggiunta una tolleranza di posa.

Pertanto per le sezioni resistenti si è osservato un copriferro di 50 mm.

1.6.3. Fessurazioni e tensioni agli SLE

Limite di fessurazione per combinazioni frequenti:	≤ 0.2mm
Massima compressione nel calcestruzzo combinazioni rare:	$0.6f_{ck} = 21$MPa
Massima tensione nell'acciaio del calcestruzzo combinazioni rare:	$0.8f_{yk} = 360$MPa

1.6.4. Delta temperatura

I carichi di natura termica, poiché non istantanei, vengono applicati alla struttura abbattendo il modulo elastico del calcestruzzo di un fattore 3, per conteggiare gli effetti legati alla viscosità del calcestruzzo. Nei modelli si applicano quindi questi carichi tenendo conto di una loro riduzione al 33%. Per le verifiche delle azioni termiche si è applicato un coefficiente di dilatazione αT di 10x10-6/°C.

2 VERIFICA SOVRASTRUTTURA SUI CASSONI N1-N18

Nella figura seguente si riporta la carpenteria della sovrastruttura.

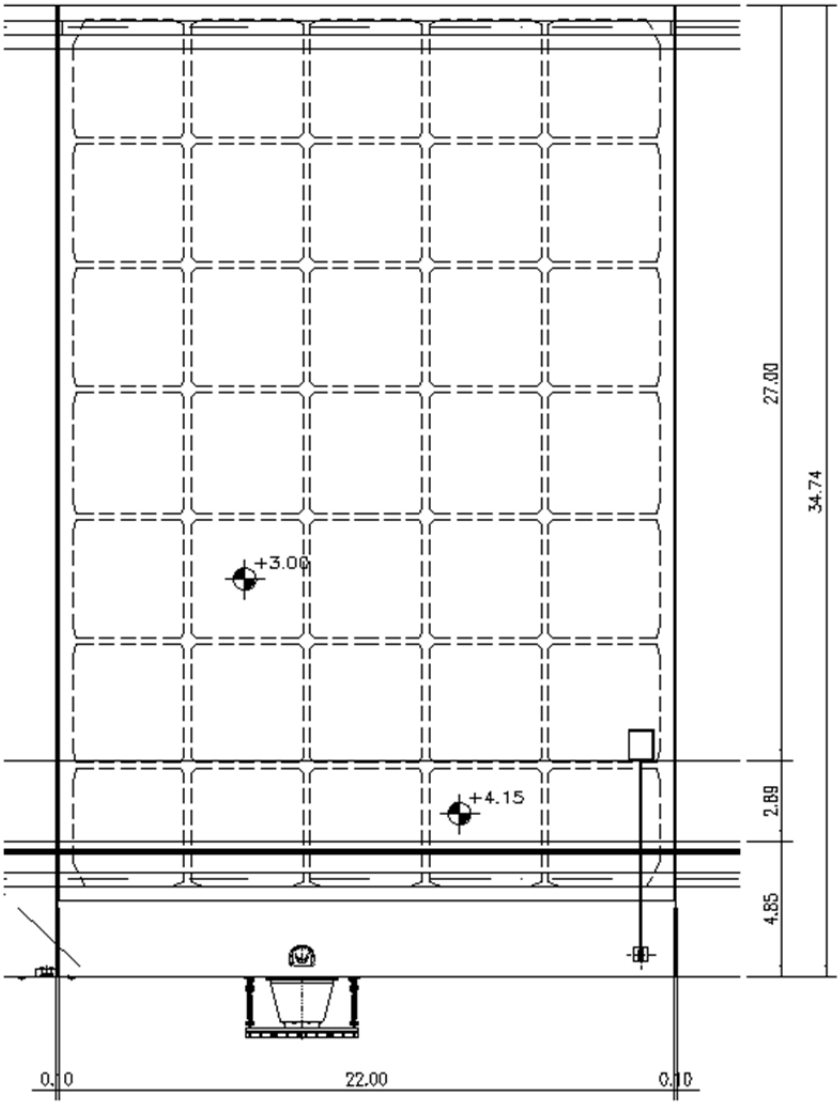


FIGURA 2.1 - CARPENTERIA CONCIO TIPO SOVRASTRUTTURA CASSONI N1-N18 - PIANTA

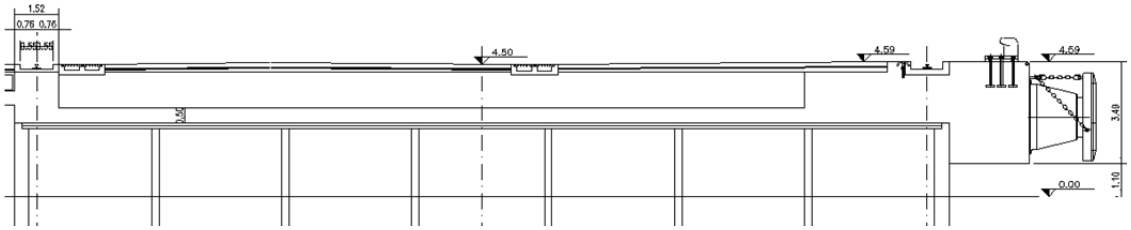


FIGURA 2.2 - CARPENTERIA CONCIO TIPO SOVRASTRUTTURA CASSONI N1-N18 – SEZIONE TRASVERSALE

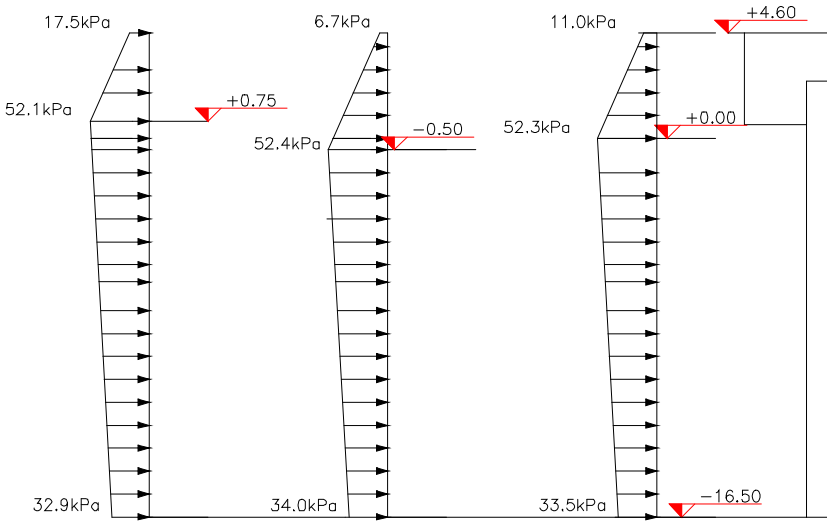


FIGURA 2.3 - CASSONE D'ANGOLO - CRESTA D'ONDA (H_S=3.8M) – TR=250ANNI – CASSONE A Q.TA-16.50

Si procede al calcolo della sovrastruttura utilizzando un modello a piastra appoggiata sui setti verticali e soggetto alle azioni di progetto.

Il modello è stato implementato con il codice di calcolo SAP 2000.

Nella figura seguente è rappresentato lo schema statico della sovrastruttura.

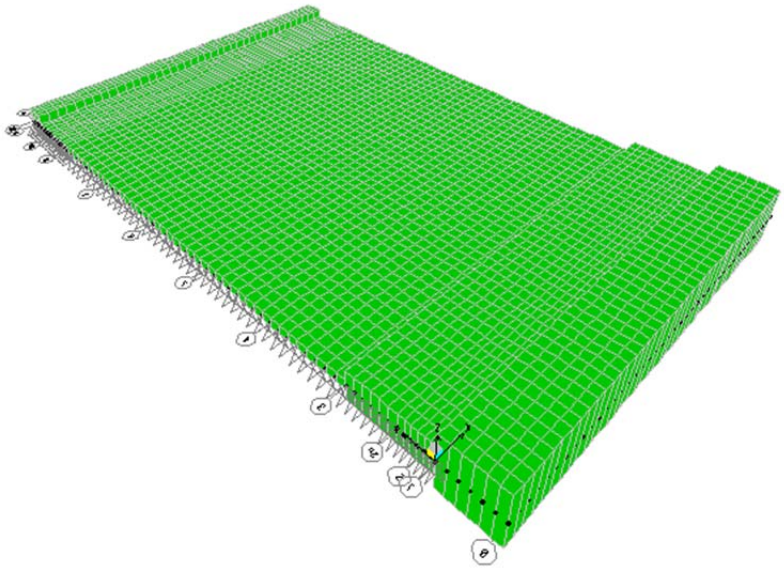


FIGURA 2.4 - SCHEMA STATICO SOVRASTRUTTURA SU CASSONI N1-N18

2.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Sono state esaminate le seguenti combinazioni di carico:

COMBINAZIONI A S.L.U. – Fase di esercizio

Combinazioni Azioni verticali

a) 1.3pp+1.5ScG
b) 1.3pp+1.5ScG+1.5x0.7G(lato mare)
c) 1.3pp+1.5ScG+1.5x0.7G(lato terra)
d) 1.3pp+1.5G(lato mare)
e) 1.3pp+1.5G(lato mare)+1.5x1xScG
f) 1.3pp+1.5G(lato terra)
g) 1.3pp+1.5G(lato terra)+1.5x1xScG
h) 1.3pp+1.5dT(+)+1.5x1xScG
i) 1.3pp+1.5dT(+)+1.5x0.7xG(lato mare)+1.5x1xScG
j) 1.3pp+1.5dT(+)+1.5x0.7xG(lato terra)+1.5x1xScG
k) 1.3pp+1.5dT(-)+1.5x1xScG

l) 1.3pp+1.5dT(-)+1.5x0.7xG(lato mare)+1.5x1xScG
m) 1.3pp+1.5dT(-)+1.5x0.7xG(lato terra)+1.5x1xScG

Combinazioni Azioni orizzontali

n) 1.0pp+1.5TB
o) 1.0pp+1.5P
p) 1.0pp+1.5Cr

Combinazioni Sismiche

Le combinazioni sismiche sono ampiamente coperte dalle altre verifiche agli stati limite ultimi. Infatti l'accelerazione orizzontale di 0.048g da luogo ad uno sforzo orizzontale pari a circa 1600kN (33231kN x 0.048) che è minore del tiro bitta di 3000kN (1.5x1500kN). Lo sforzo verticale, con 0.024g, è pari a 800kN che equivale all'incirca 1.1kPa (800kN /22/32) di sovraccarico verticale.

Dove:

- pp - peso proprio (azione permanente)
- ScG - sovraccarico gravante (azione variabile)
- Cr - cresta d'onda (azione variabile)
- TB - tiro bitta
- P - parabordo
- G - Gru
- dT - delta temperatura

Essendo presenti giunti di 2cm fra i conci di sovrastruttura non si è preso in considerazione l'effetto termico di allungamento/accorciamento. Infatti l'allungamento della sovrastruttura nel senso della larghezza di 22m è pari a:

$\Delta l = 5°C \times (10 \times 10^{-6}) \times 22 = 0.0011m = 1mm$

Le combinazioni più sfavorevoli per quanto riguarda gli stati limite ultimi sono elencati nella seguente tabella.

Sezione	Sollecitazioni			Sezione		Armatura				Copriferro netto		Momento Resist.	FS
	Msd		Nsd	B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup		
		[kNm]	[kN]	[m]	[m]	Tipo1	Tipo2	Tipo1	Tipo2	[cm]	[cm]	Mrd	Mrd/Msd
Sbalzo lato mare trasv. corrisp. Bitta (intorno Asse A)	M-	-900	+920	1.0	3.2	2.5Ø14		5Ø24		5	5	-1310	1.46
	M+	+360	+920	1.0	2.1	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	+470	1.31
Sbalzo lato mare senso long. corrisp. Bitta (Assi M-N)	M-	+500	+500	1.0	3.5	5Ø18		5Ø20		6.4	6.4	+1238	2.47
	M-	-450	+500	1.0	3.5	5Ø18		5Ø20		6.4	6.4	-840	1.87
Sbalzo lato mare senso longitudinale corrente (Assi M-N)	M+	+1600		1.0	3.5	5Ø18		5Ø20		6.4	6.4	+1700	1.06
	M-	-1900		1.0	3.5	5Ø18		5Ø20		6.4	6.4	-2093	1.10
Trave gru lato mare senso trasversale (intorno asse A)	M+	+900		1.0	1.70	2.5Ø18	2.5Ø24	5Ø24		5	5	+1121	1.25
	M-	-1400		1.0	1.70	2.5Ø18	2.5Ø24	5Ø24		5	5	-1429	1.02
Trave gru lato mare senso longitudinale	M+	+1600		1.0	1.70	Per verifiche orditura longitudinale trave gru vedere sotto							
	M-	-1230		1.0	1.70								
Soletta Celle 1-2-3-4-5-6-7 Assi B-C-D-E-F-G	M+	+106		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	+118	1.11
	M-	-210		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18	2.5Ø18	5	5	-218	1.04
Soletta Celle da 8 a 21 Assi B-C-D-E-F-G	M+	+95		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	+118	1.24
	M-	-160		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18	2.5Ø16	5	5	-198	1.24
Soletta Celle da 1 a 21 Assi M-N	M+	+100		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16		6.8	6.8	+115	1.15
	M-	-170		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16	2.5Ø18	6.8	6.8	-195	1.15
Trave gru lato terra senso trasversale (intorno asse H)	M+	+370		1.0	1.70	2.5Ø18		2.5Ø14		5	5	+408	1.10
	M-	-50		1.0	1.70	2.5Ø18		2.5Ø14		5	5	-253	5.06
Trave gru lato terra senso longitudinale	M+	+800		1.0	1.70	Per verifiche orditura longitudinale trave gru vedere sotto							
	M-	-1850		1.0	1.70								
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione													

TABELLA 2-1 - SOVRASTRUTTURA CASSONI N1-N18 - VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLU

Di seguito si riporta uno schema identificativo della sovrastruttura:

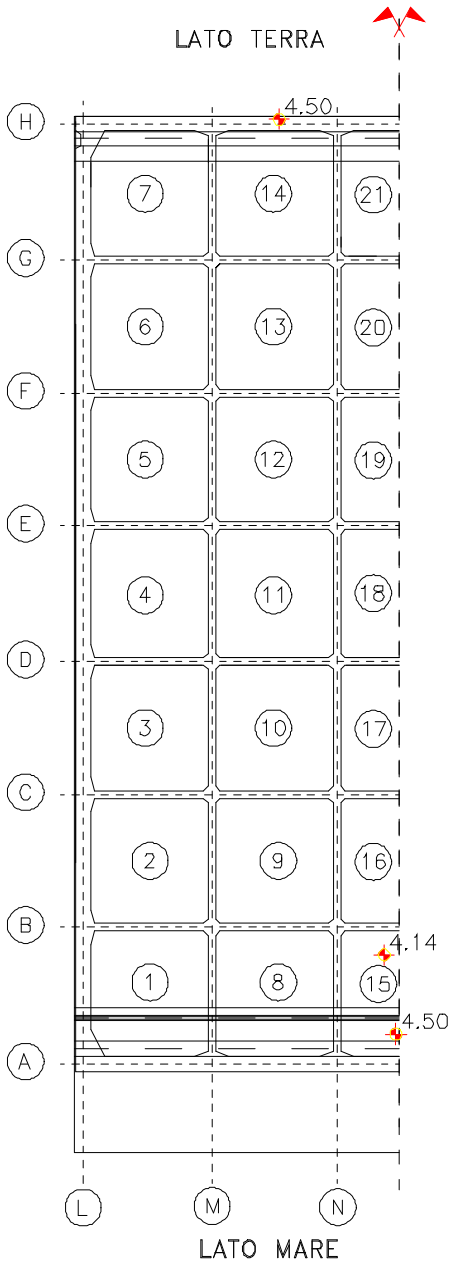


FIGURA 2.5 - SCHEMA IDENTIFICATIVO SOVRASTRUTTURA SU CASSONI N1-N18

Orditura a flessione trave (SLU) - Gru lato mare

La trave gru lato mare è inglobata nella sovrastruttura. La larghezza della scassa per la trave gru è pari a 500mm

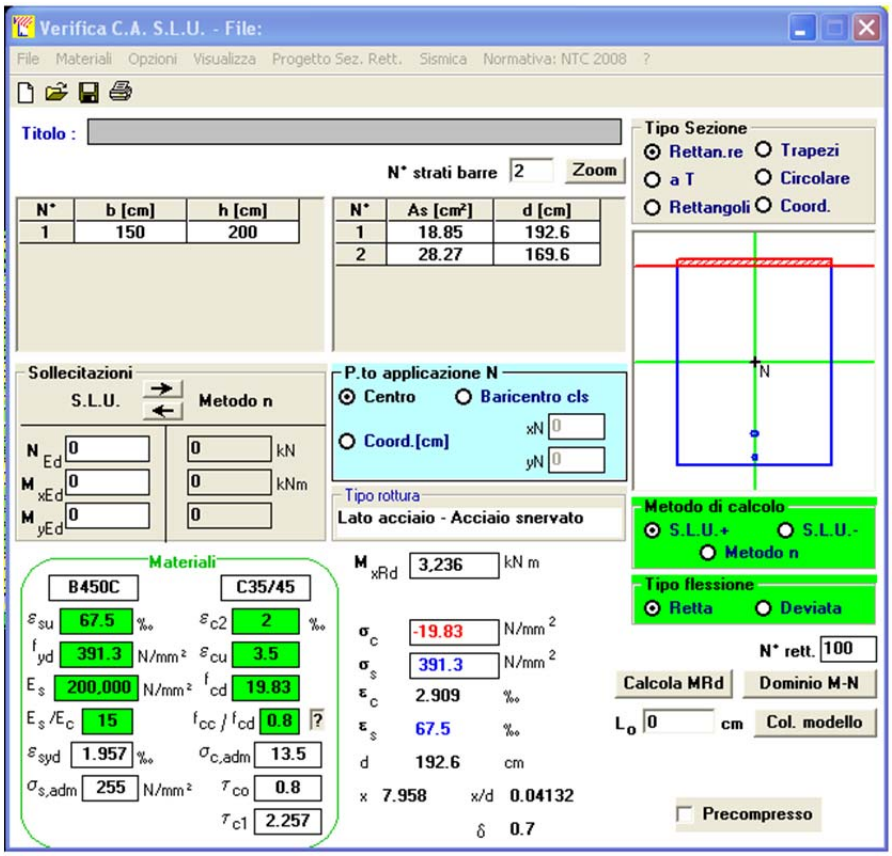
B= 1.5m, H=1.7m (altezza al di sotto la rotaia)/2m (altezza da +4.5 a +2.5 circa)

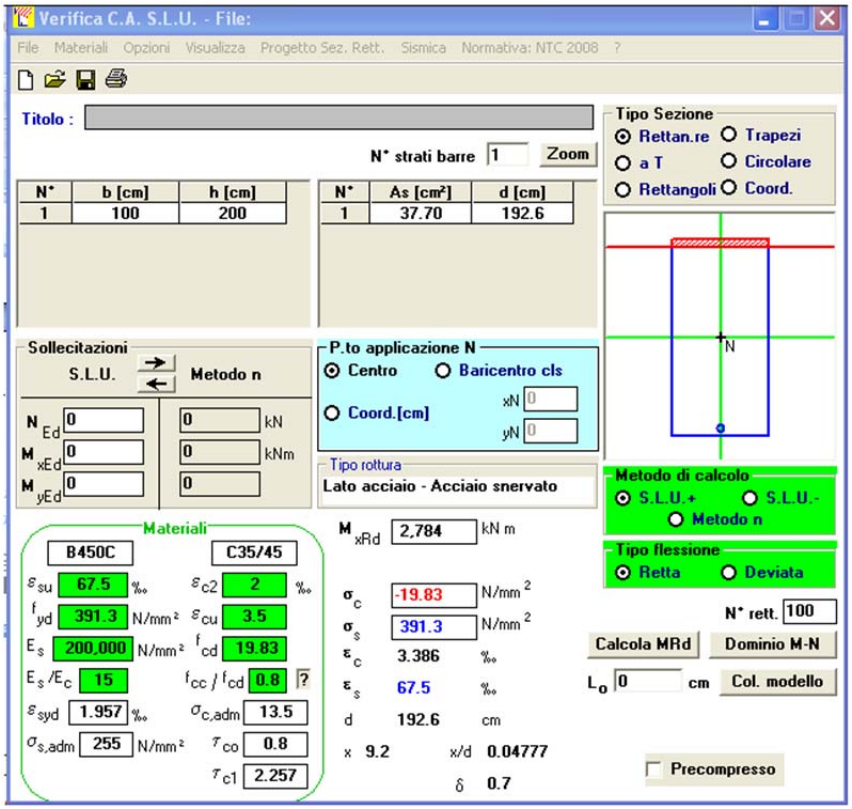
Si predispone:

orditura superiore : 6Φ20 ai lati della scassa della trave gru (tre a lato) + 9Φ20 sotto la scassa

orditura inferiore : uno strato con 12Φ20

Di seguito si riportano le verifiche agli SLU:





M_{sd}=-1230kNm/m x 1.5=-1845kNm (fibre superiori), M_{rd}=3236kNm

M_{sd}=+1600kNm/m x 1.5=+2400kNm (fibre inferiori), M_{rd}=2784kNm

Orditura a flessione trave - Gru lato terra

Si predispone la stessa orditura come per la trave lato mare:

M_{sd}=-1850kNm/m x 1.5=-2775kNm (fibre superiori), M_{rd}=2834kNm

M_{sd}=+800kNm/m x 1.5=+1200kNm (fibre inferiori), M_{rd}=2784kNm

Orditura a taglio - Trave Gru

	Vsd	H	d1	A1	d2	A2	Crdc	K	fi1	fck	Fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	**VRD**
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]									(kN)	(kN)	**(kN)**
Trave gru	**1600**	1700	1621	1570	79	1570	0.12	1.31	0.0010	35	19.8	0	0.15	0.33	395	527	**527**

Si dispone staffatura verticale:

nel senso longitudinale 4 braccia del ϕ14 a passo 400mm

	Orditura a taglio									acciaio	cls		
	p s(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d (mm)	fywd	alfacw	v1	Vrd,s (kN)	Vrd,max (kN)	Vres [kN]	T/Vres
Trave gru lato terra	400	616	2.5	0	1.00	1459	391.0	1	0.5	2196	5148	2196	1.37

Orditura a taglio – Sbalzo lato mare

	Vsd	H	d1	A1	d2	A2	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]									(kN)	(kN)	(kN)
Sbalzo trasversale	1850	3500	3443	385	61	950	0.12	1.24	0.0001	35	19.8	0	0.15	0.29	375	986	986

Si dispone staffatura verticale:

nel senso trasversale 2.5 braccia del ϕ24 a passo 400mm.

Lo sbalzo lato mare è pari a 2.74m per cui con un passo di 400mm la resistenza a taglio è pari a

5(file di staffe) x 2.5 (numero di staffe) x 452mm^2(Φ24mm) x 391N/mm^2=2209kN > 1850kN

Orditura a taglio – Soletta

	Vsd	H	d1	A1	d2	A2	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]									(kN)	(kN)	(kN)
Zona riempimento trasversale	220	500	441	635	59	1270	0.12	1.67	0.0014	35	19.8	0	0.15	0.45	152	198	198
Zona riempimento longitudinale	200	500	423	635	83	1270	0.12	1.69	0.0015	35	19.8	0	0.15	0.45	149	192	192

Si dispongono delle legature composte da un cavalletto composto da barre del **2ϕ12** con passo 200x400mm.

	Orditura a taglio									acciaio	cls		
	p s(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d (mm)	fywd	alfacw	v1	Vrd,s (kN)	Vrd,max (kN)	Vres [kN]	T/Vres
Zona riempimento trasv. Bordo	200	282.5	2.5	0	1.00	396.9	391	1	0.5	548	1,401	548	2.49
Zona riempimento long.	200	282.5	2.5	0	1.00	380.7	391	1	0.5	526	1,343	526	2.63

2.2 Calcolo e verifica dell'armatura in prossimità della bitta

Il tiro bitta è pari a 1500 kN ed è applicato alla quota di +5.10 l.m.m.

2.2.1 Verifica armatura di ancoraggio

Il tiro della bitta viene affidato ad un'armatura di ancoraggio costituita dai ferri elencati nella seguente tabella. Tali ferri, per ciascuno dei quali si riporta l'angolo di inclinazione nel piano orizzontale e verticale e l'area proiettata in direzione del tiro bitta, servono a condurre la forza di trazione all'armatura del solettone. Nella tabella seguente sono state calcolate le aree proiettate nelle varie direzioni di tiro considerate.

N° ferri	N° bracc	ϕ [mm	α_{orizz} °	α_{vert} °	Area proiettata [mm^2] direzione del tiro			
					90°/-20°	90°/+70°	180°/0°	180°/+70°
5	2	24	0	90	0	4520	0	4520
2	2	30	90	0	0	0	2828	967
1	2	30	30	10	1133	413	348	121
1	2	30	30	6.9	1142	416	351	120
3	2	30	35	20	3068	1117	1143	391
2	2	30	40	23	1874	682	837	286
1	2	30	40	20	956	348	427	146
Totale area proiettata					**8173**	**7496**	**5934**	**6551**

La forza di trazione di calcolo vale:

N_{sd} = 1.5 x 1500 = 2250 kN

L'area resistente necessaria vale:

$A_s = N_{rd} / f_{yd} = 2250x10^3 / 391.3 = 5750\ mm^2$

L'area resistente nelle varie direzioni di tiro è verificata con fattore di sicurezza di 1.03.

2.2.2 Verifica dell'orditura della sovrastruttura in zona bitta

Il tiro della bitta viene trasmesso ai ferri del solettone dall'armatura di ancoraggio e viene affidato interamente ad un'armatura disposta nella zona di influenza della bitta stessa. Considerando la diffusione del tiro attraverso il solettone, tale zona si considera estesa per circa 1.30 m per parte rispetto all'asse della bitta.

Si adotta pertanto una armatura costituita da 12Φ26 (As = 6372mm^2) disposta intorno alla bitta con passo di 200 mm.

La forza di trazione di calcolo vale:

N_{sd} = 1.5 x 1500 = 2250 kN

La forza di trazione resistente vale:

$N_{rd} = A_s \times f_{yd} = 6372 \times 391.3 / 10^3 = 2493$ kN

La verifica è soddisfatta e il fattore di sicurezza vale 1.11.

2.2.3 Verifica armatura pareti esterne sovrastruttura

I conci di sovrastruttura vengono schematizzati come una trave rigida in cui i tiri delle bitte vengono contrastati dalla reazione distribuita sul cassone. Le bitte sono distribuite in posizioni diverse nei vari conci per cui si esegue la verifica per il caso della bitta in asse alla sovrastruttura e con la bitta a distanza 2m dal filo esterno della sovrastruttura.

Il tiro bitta è pari a 1500kN.

Verifica a stato limite ultimo

Si considera un tiro bitta pari a F = 1.5 x 1500 = 2250 kN.

	M [kNm] lato mare	M[kNm] lato terra	V[kNm]
Bitta in asse sovrastruttura	6188	0	1125
Bitta 2.0m dal bordo sovrast.	677	4214	1589

Verifica a momento mare:

M_{sd} = 6188 kNm

B = 2.0 m H = 7.70 m H1 = 7.616 m H2 = 0.084 m

AF1 = 2512 mm^2 (8 Φ 20)

AF2 = 1570 mm^2 (5 Φ 20)

M_{rd} = 7452 kNm > M_{sd}

Verifica a momento terra:

M_{sd} = 4214 kNm

B = 2.0 m H = 7.70 m H1 = 7.616 m H2 = 0.084 m

AF1 = 1570 mm^2 (5 Φ 20)

AF2 = 2512 mm^2 (8 Φ 20)

M_{rd} = 4662 kNm > M_{sd}

Verifica a taglio:

V_{sd}= 1589 kN

La massima forza che può essere sopportata da un elemento senza specifica orditura a taglio risulta:

	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	T	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]	(kN/m)									(kN)	(kN)	(kN)
sovrastrutturra	0	7700	7616	1570	0	1570	794.5	0.12	1.16	0.0002	35	19.8	0	0.15	0.26	953	1,975.45	1,975

V_{rd}=2 x 1975=3950kN

Pertanto non è necessario predisporre una specifica orditura a taglio.

Verifica a stato limite di esercizio – combinazione frequente

Si considera un tiro bitta pari a F = 1.0 x 0.2 x 1500 = 300 kN.

Il valore limite di apertura delle fessure è stato assunto pari a 0.20 mm

Verifica a momento mare:

M = 825 kNm

B = 2.00 m H = 7.70 m H1 = 7.616 m H2 = 0.084 m

Passo 200mm Copriferro 74mm

AF1 = 2512 mm^2 (8 Φ 20)

AF2 = 1570 mm^2 (5 Φ 20)

σ_c = 0.2 N/mm2 σ_s = 43 N/mm2 w = 0.052 mm

Verifica a momento interno:

M = 562 kNm

B = 2.00 m H = 7.70 m H1 = 7.616 m H2 = 0.084 m

Passo 200mm Copriferro 74mm

AF1 = 1570 mm^2 (5 Φ 20)

AF2 = 2512 mm^2 (8 Φ 20)

σ_c = 0.2 N/mm2 σ_s = 47 N/mm2 w = 0.073 mm

2.2.4 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Si verifica la fessurazione per le combinazioni di servizio frequenti e rare in conformità con la normativa vigente.

Le combinazioni più sfavorevoli per quanto riguarda gli stati limite di esercizio sono riportati nella seguente tabella.

COMBINAZIONI A S.L.E. (frequenti) – Fase di esercizio

Combinazioni Azioni verticali

a) 1.0pp+0.9ScG
b) 1.0pp+0.9ScG+0.6G(lato mare)
c) 1.0pp+0.9ScG+0.6G(lato terra)
d) 1.0pp+0.7G(lato mare)

e) 1.0pp+0.7G(lato mare)+0.8ScG
f) 1.0pp+0.7G(lato terra)
g) 1.0pp+0.7G(lato terra)+0.8ScG

Combinazioni Azioni orizzontali

h) 1.0pp+0.2TB
i) 1.0pp+0.2P
j) 1.0pp+0.2Cr

COMBINAZIONI A S.L.E. (rare) – Fase di esercizio

Combinazioni Azioni verticali

a) 1.0pp+1.0ScG
b) 1.0pp+1.0ScG+0.7G(lato mare)
c) 1.0pp+1.0ScG+0.7G(lato terra)
d) 1.0pp+1.0G(lato mare)
e) 1.0pp+1.0G(lato mare)+1.0ScG
f) 1.0pp+1.0G(lato terra)
g) 1.0pp+1.0G(lato terra)+1.0ScG
h) 1.0pp+0.6dT(+)+1.0xScG
i) 1.0pp+0.6dT(+)+0.7xG(lato mare)+1.0xScG
j) 1.0pp+0.6dT(+)+0.7xG(lato terra)+1.0xScG
k) 1.0pp+0.6dT(-)+1.0xScG
l) 1.0pp+0.6dT(-)+0.7xG(lato mare)+1.0xScG
m) 1.0pp+0.6dT(-)+0.7xG(lato terra)+1.0xScG

Combinazioni Azioni orizzontali

n) 1.0pp+0.6TB
o) 1.0pp+0.6P
p) 1.0pp+0.7Cr

Le combinazioni più sfavorevoli per quanto riguarda gli stati limite d'esercizio (combinazioni frequenti) sono elencate nella seguente tabella.

Sezione	Sollecitazioni			Sezione		Armatura				Copriferro				
	Msd		Nsd	B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup	σ_c	σ_s	w
		[kNm]	[kN]	[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
Sbalzo lato mare trasv. corrisp. Bitta (int. Asse A)	M-	-730	+130	1.0	3.2	2.5Ø14		5Ø24		5	5	1.0	132	0.115
	M+	+25	+130	1.0	2.1	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	-	43	0.049
Sbalzo lato mare senso long. corrisp. Bitta (Assi M-N)	M+	+95	+32	1.0	3.5	5Ø18		5Ø20		6.4	6.4	0.1	34	0.035
	M-	-50	+90	1.0	3.5	5Ø18		5Ø20		6.4	6.4	-	37	0.038
Sbalzo lato mare senso longitudinale corrente (Assi M-N)	M+	+150		1.0	3.5	5Ø18		5Ø20		6.4	6.4	0.2	35	0.036
	M-	-380		1.0	3.5	5Ø18		5Ø20		6.4	6.4	0.6	72	0.072
Trave gru lato mare senso trasversale (intorno asse A)														
	M-	-650		1.0	1.70	2.5Ø18	2.5Ø24	5Ø24		5	5	2.6	182	0.158
Trave gru lato mare senso longitudinale	M+	+530		1.0	1.70	Per verifiche orditura longitudinale trave gru vedere sotto								
	M-	-430		1.0	1.70									
Soletta Celle 1-2-3-4-5-6-7 Assi B-C-D-E-F-G	M+	+45		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	2.6	169	0.176
	M-	-100		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18	2.5Ø18	5	5	4.2	192	0.171
Soletta Celle da 8 a 21 Assi B-C-D-E-F-G	M+	+35		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	2.0	131	0.137
	M-	-75		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18	2.5Ø16	5	5	3.3	160	0.151
Soletta Celle da 1 a 21 Assi M-N	M+	+40		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16		6.8	6.6	2.5	156	0.190
	M-	-85		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16	2.5Ø18	6.8	6.6	3.8	181	0.171
Trave gru lato terra senso trasversale (int. asse H)	M+	+150		1.0	1.70	2.5Ø18		2.5Ø14		5	5	1.1	146	0.152
	M-	-35		1.0	1.70	2.5Ø18		2.5Ø14		5	5	0.3	56	0.051
Trave gru lato terra senso longitudinale	M+	+170		1.0	1.70	Per verifiche orditura longitudinale trave gru vedere sotto								
	M-	-460		1.0	1.70									
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione														

TABELLA 2-2 - SOVRASTRUTTURA CASSONI N2-N14 - VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLE(FREQUENTI)

Di seguito si riportano le verifiche agli Stati Limiti d'Esercizio della trave gru per le combinazioni frequenti:

Trave gru lato mare - Orditura superiore:

M=430kNm/m x 1.5m=645 kNm

B=1.5m H=2.00m

H1=1.926m A1=18.84cm^2(6Φ20)

H2=1.696m A2=28.26cm^2(9Φ20)

copriferro = 64mm, passo orditura = 200mm

σ_a = 88 N/mm^2 σ_c = 1.4 N/mm^2 w=0.098 mm

Trave gru lato mare - Orditura inferiore:

M=530kNm/m x 1.5m=795 kNm

B=1.0m H=2.00m

H1=1.926m A1=37.68cm^2(12Φ20)

copriferro = 64mm, passo orditura = 200mm

σ_a = 116 N/mm^2 σ_c = 2.2 N/mm^2 w=0.086 mm

Trave gru lato terra - Orditura superiore:

M=460kNm/m x 1.5m=690 kNm

B=1.5m H=2.00m

H1=1.926m A1=18.84cm^2(6Φ20)

H2=1.696m A2=28.26cm^2(9Φ20)

copriferro = 64mm, passo orditura = 200mm

σ_a = 94 N/mm^2 σ_c = 1.5 N/mm^2 w=0.105 mm

Trave gru lato terra - Orditura inferiore:

M=170kNm/m x 1.5m=255 kNm

B=1.0m H=2.00m

H1=1.926m A1=37.68cm^2(12Φ20)

copriferro = 64mm, passo orditura = 200mm

σ_a = 37 N/mm^2 σ_c = 0.7 N/mm^2 w=0.028 mm

COMBINAZIONI A S.L.E. (rare) – Fase di esercizio

Combinazioni Azioni verticali

a) 1.0pp+1.0ScG
b) 1.0pp+1.0ScG+0.7G(lato mare)
c) 1.0pp+1.0ScG+0.7G(lato terra)
d) 1.0pp+1.0G(lato mare)
e) 1.0pp+1.0G(lato mare)+1.0ScG
f) 1.0pp+1.0G(lato terra)
g) 1.0pp+1.0G(lato terra)+1.0ScG
h) 1.0pp+0.6dT(+)+1.0xScG
i) 1.0pp+0.6dT(+)+0.7xG(lato mare)+1.0xScG
j) 1.0pp+0.6dT(+)+0.7xG(lato terra)+1.0xScG
k) 1.0pp+0.6dT(-)+1.0xScG
l) 1.0pp+0.6dT(-)+0.7xG(lato mare)+1.0xScG
m) 1.0pp+0.6dT(-)+0.7xG(lato terra)+1.0xScG

Combinazioni Azioni orizzontali

n) 1.0pp+0.6TB
o) 1.0pp+0.6P
p) 1.0pp+0.7Cr

Le combinazioni più sfavorevoli per quanto riguarda gli stati limite d'esercizio (combinazioni rare) sono elencate nella seguente tabella:

Sezione	Sollecitazioni			Sezione		Armatura				Copriferro			
	Msd		Nsd	B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup	σ_c	σ_s
		[kNm]	[kN]	[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	[MPa]	[MPa]
Sbalzo lato mare trasv. corrisp. Bitta (intorno Asse A)	M-	-730	+240	1.0	3.2	2.5Ø14		5Ø24		5	5	0.9	155
	M+	+140	+360	1.0	2.1	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	0.1	195
Sbalzo lato mare senso long. corrisp. Bitta (Assi M-N)	M+	+800	+250	1.0	3.5	5Ø18		5Ø20		6.4	6.4	1.1	281
	M-	-770	+250	1.0	3.5	5Ø18		5Ø20		6.4	6.4	0.9	229
Sbalzo lato mare senso longitudinale corrente (Assi M-N)	M+	+760		1.0	3.5	5Ø18		5Ø20		6.4	6.4	1.3	177
	M-	-815		1.0	3.5	5Ø18		5Ø20		6.4	6.4	1.3	159
Trave gru lato mare senso trasversale (intorno asse A)													
	M-	-750		1.0	1.70	2.5Ø18	2.5Ø24	5Ø24		5	5	3.0	210
Trave gru lato mare senso longitudinale	M+	+860		1.0	1.70	Per verifiche orditura longitudinale trave gru vedere sotto							
	M-	-600		1.0	1.70								
Soletta Celle 1-2-3-4-5-6-7 Assi B-C-D-E-F-G	M+	+65		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	3.7	244
	M-	-130		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18	2.5Ø18	5	5	5.5	249
Soletta Celle da 8 a 21 Assi B-C-D-E-F-G	M+	+55		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	3.1	206
	M-	-100		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18	2.5Ø16	5	5	4.4	213
Soletta Celle da 1 a 21 Assi M-N	M+	+60		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16		6.8	6.6	3.7	234
	M-	-110		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16	2.5Ø18	6.8	6.6	5.3	244
Trave gru lato terra senso trasversale (intorno asse H)	M+	+288		1.0	1.70	2.5Ø18		2.5Ø14		5	5	2.1	280
	M-	-50		1.0	1.70	2.5Ø18		2.5Ø14		5	5	0.5	80
Trave gru lato terra senso longitudinale	M+	+450		1.0	1.70	Per verifiche orditura longitudinale trave gru vedere sotto							
	M-	-1000		1.0	1.70								
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione													

TABELLA 2-3 - SOVRASTRUTTURA CASSONI N1-N18 - VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLE(RARE)

Di seguito si riportano le verifiche agli Stati Limite d'Esercizio della trave gru per le combinazioni rare:

Trave gru lato mare - Orditura superiore:

M=600kNm/m x 1.5m=900 kNm

B=1.5m H=2.00m

H1=1.926m A1=18.84cm^2(6Φ20)

H2=1.696m A2=28.26cm^2(9Φ20)

σ_a = 123 N/mm^2 σ_c = 2.0 N/mm^2

Trave gru lato mare - Orditura inferiore:

M=860kNm/m x 1.5m=1290 kNm

B=1.0m H=2.00m

H1=1.926m A1=37.68cm^2(12Φ20)

σ_a = 188 N/mm^2 σ_c = 3.5 N/mm^2

Trave gru lato terra - Orditura superiore:

M=1000kNm/m x 1.5m=1500 kNm

B=1.5m H=2.00m

H1=1.926m A1=18.84cm^2(6Φ20)

H2=1.696m A2=28.26cm^2(9Φ20)

σ_a = 205 N/mm^2 σ_c = 3.3 N/mm^2

Trave gru lato terra - Orditura inferiore:

M=450kNm/m x 1.5m=675 kNm

B=1.0m H=2.00m

H1=1.926m A1=37.68cm^2(12Φ20)

σ_a = 98 N/mm^2 σ_c = 1.8 N/mm^2

2.3 Verifica di stabilità concio di sovrastruttura

La sovrastruttura verrà gettata sopra il cassone una volta affondato e riempito. Sul cassone sono previsti dei monconi di ripresa verticali di Φ12/400mm disposti sui setti e pareti del cassone per legare la sovrastruttura al cassone sottostante. Di seguito si

verifica la sicurezza di scorrimento di un concio di sovrastruttura contando soltanto all'attrito fra sovrastruttura e cassone.

Peso sovrastruttura: ≈33m^3/ml x 22m x 24.5kN/m^3= 17787kN

Riempimento : ≈39m^3/ml x 22m x 18.0kN/m^3= 15444kN

33231kN

Combinazioni di azioni orizzontali:

- Bitta: 1.5x1500=2250kN (A1-M1), 1.3x1500=1950kN (A2-M2)
- FS=0.57x33231/2250=8.42
- FS=0.48x33231/1950=8.18
- Parabordo: 1.5x2355=3533kN (A1-M1), 1.3x2355=3062kN (A2-M2)
- FS=0.57x33231/3533=5.36
- FS=0.48x33231/3062=5.21
- Sisma: 33231x0.048=1595kN
- FS=0.48x33231x(1-0.024)/1595=9.76

La sovrastruttura è stabile allo scorrimento per gravità.

2.4 Verifica sovrastruttura punto di sollevamento

Di seguito si verifica la sovrastruttura in corrispondenza dei punti di sollevamento dove si considera la seguente condizione di carico:

a) 1.5x3000kN lato esterno ed interno rotaia

Si considera una lastra appoggiata su un lato ed incastrata sugli altri tre lati.

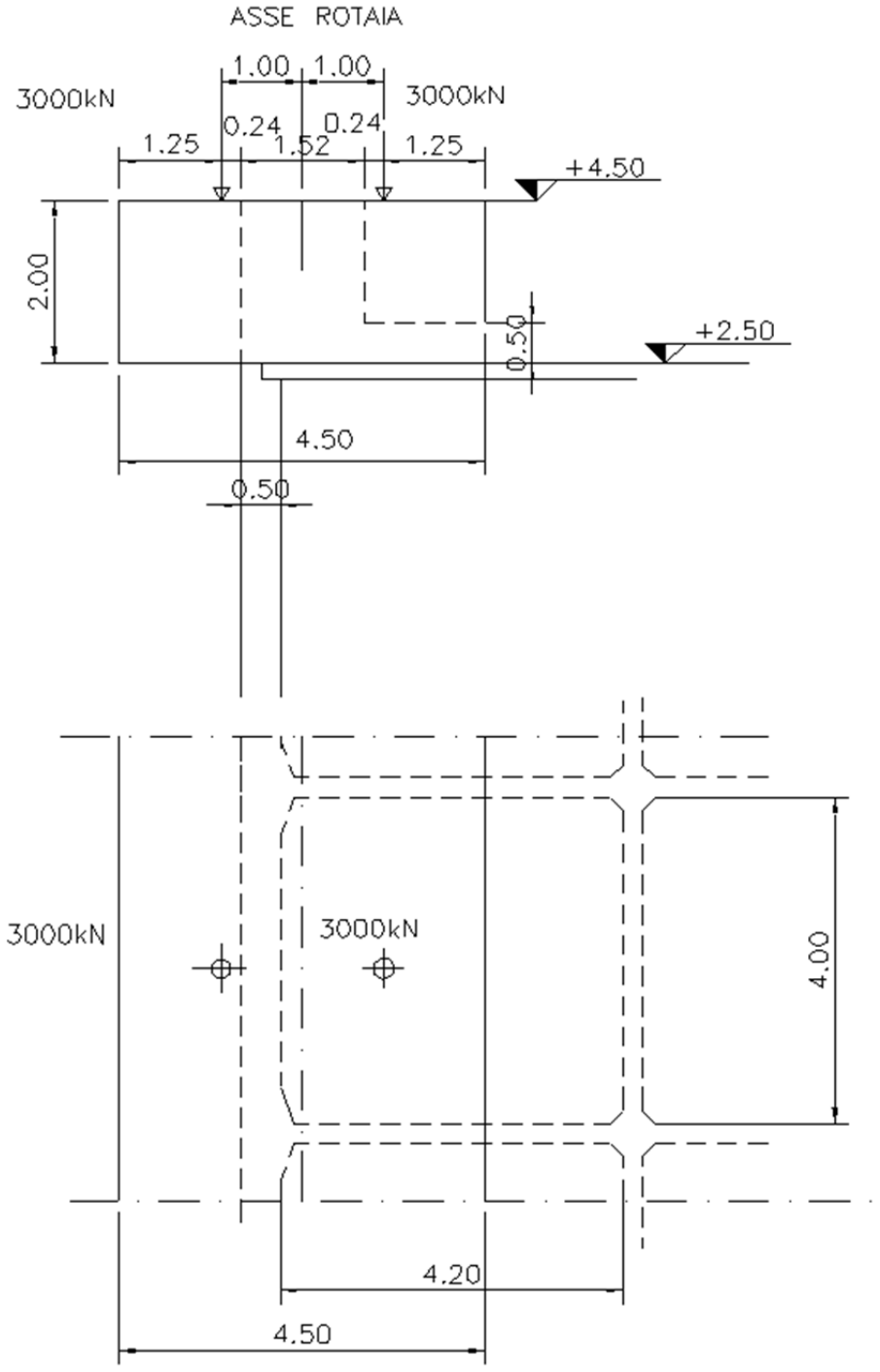


FIGURA 2.6 - SOVRASTRUTTURA BANCHINA CONTAINER IN CORRISPONDENZA DI PUNTO DI SOLLEVAMENTO

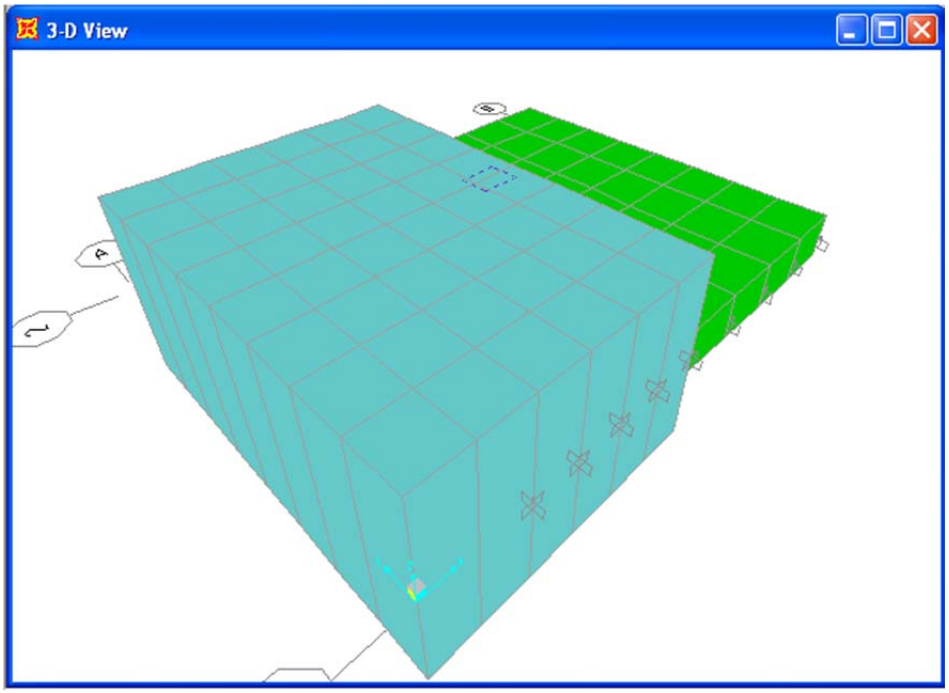


FIGURA 2.7 - SOVRASTRUTTURA BANCHINA CONTAINER IN CORRISPONDENZA DI PUNTO DI SOLLEVAMENTO – SCHEMA STATICO

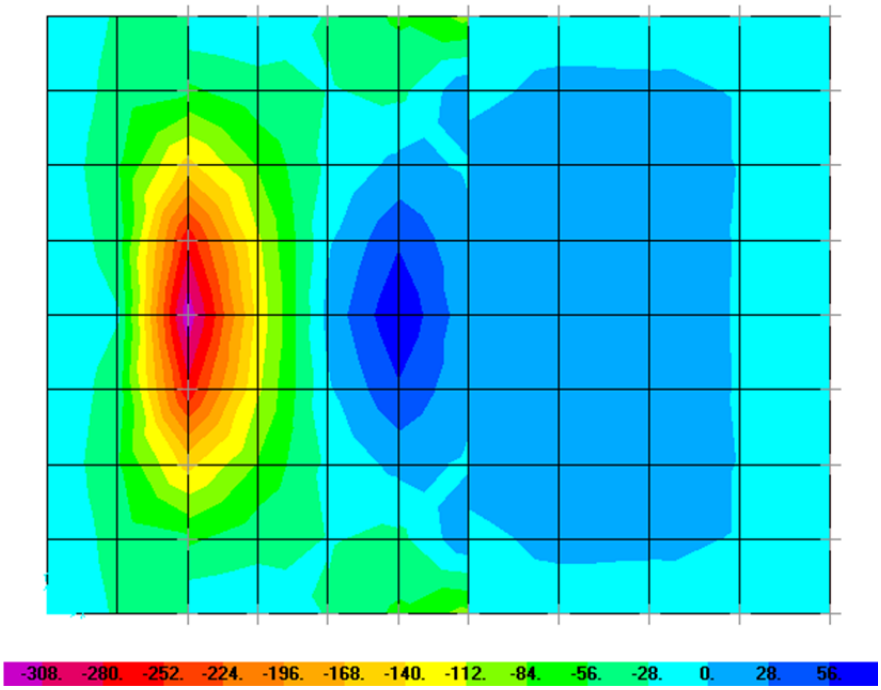


FIGURA 2.8 - M11[KNM/M]

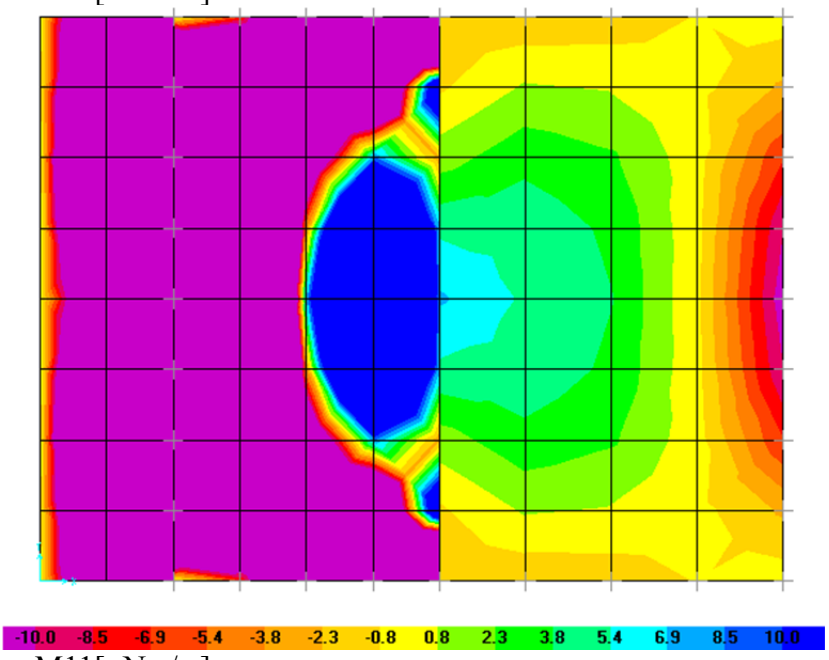


FIGURA 2.9 - M11[KNM/M]

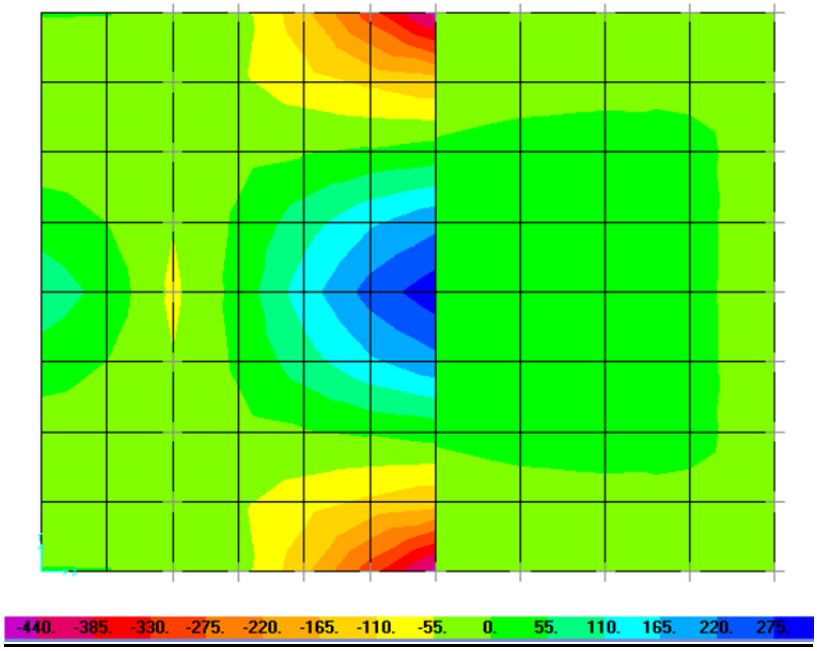


FIGURA 2.10 - M22[KNM/M]

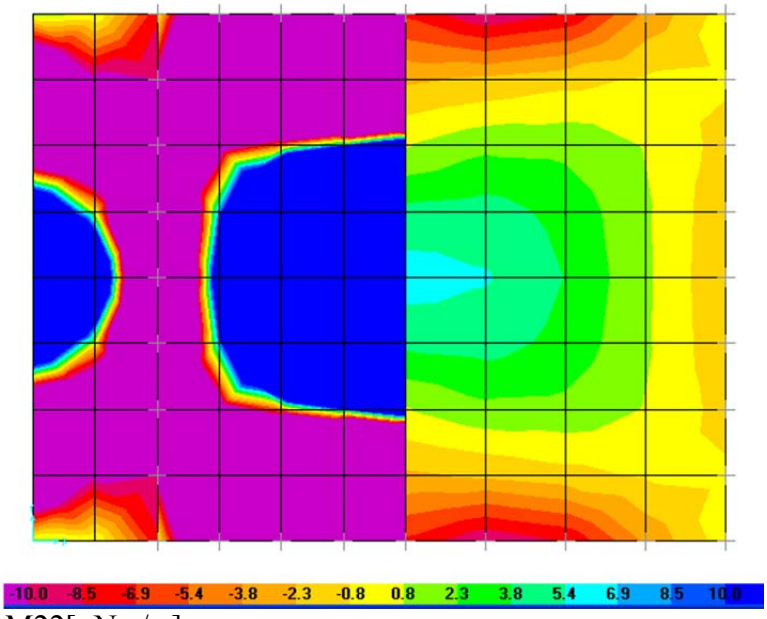


FIGURA 2.11 - M22[KNM/M]

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto		Momento Resist.	FS
	Msd		B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup		
		[kNm]	[m]	[m]	Tipo1	Tipo2	Tipo1	Tipo2	[cm]	[cm]	Mrd	Mrd/Msd
M11	M-	-300	1.0	2.0	2.5Ø14		2.5Ø16		5	5	-383	1.28
	M+	+80	1.0	2.0	2.5Ø14		2.5Ø16		5	5	+295	3.69
M11	M-	+6	1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	+118	19.7
	M-	-11	1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	-118	10.7
M22	M+	+260	1.0	2.0	5Ø20		5Ø20		6.4	6.6	+1180	4.54
	M-	-300	1.0	2.0	5Ø20		5Ø20		6.4	6.6	-1178	3.93
M22	M+	+6	1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16		6.8	6.8	+115	19.2
	M-	-11	1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16		6.8	6.8	-97	8.8

NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione

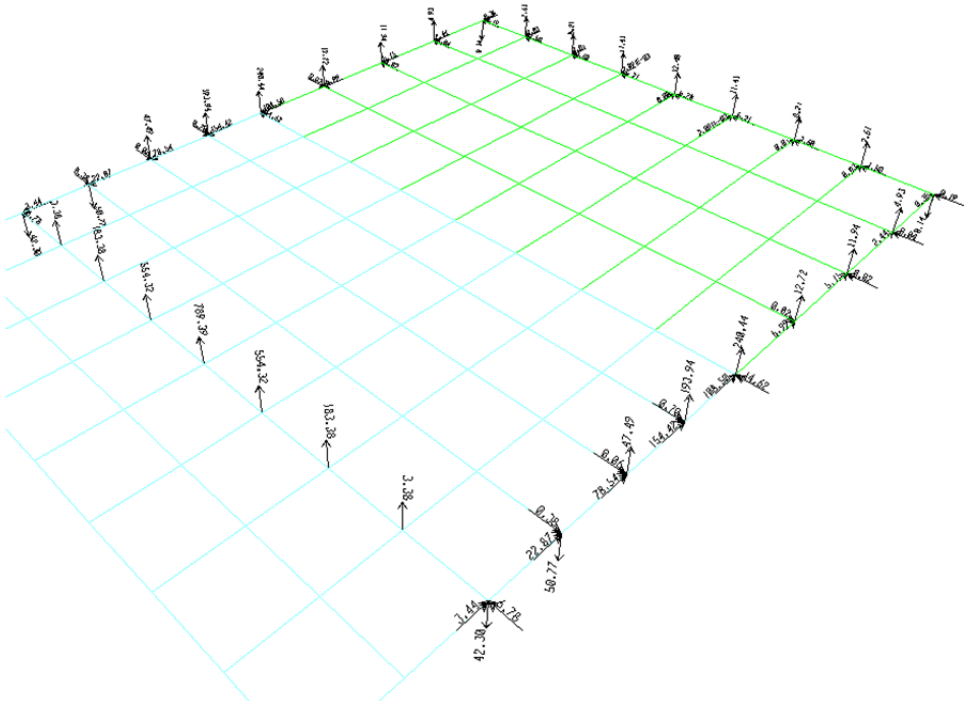


FIGURA 2.12 - REAZIONI VINCOLARI[KN]

La massima trazione risulta di 50kN/m. I monconi predisposti fi12/400 sono adeguati

N_{Sd}= 112mm^2 x 2.5 x 391N/mm^2 / 10^3 = 109kN/m

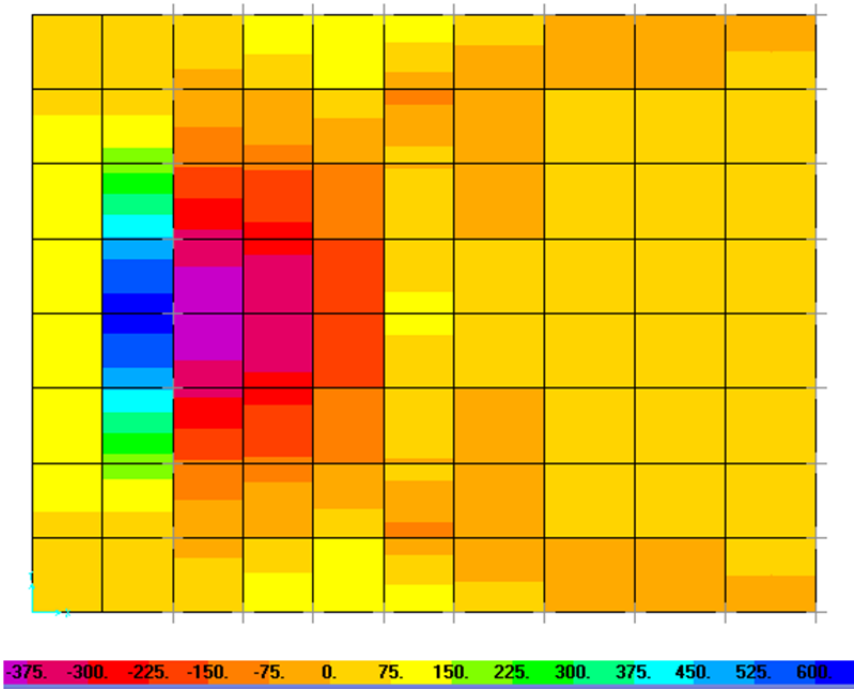


FIGURA 2.13 - V13[KNM/M]

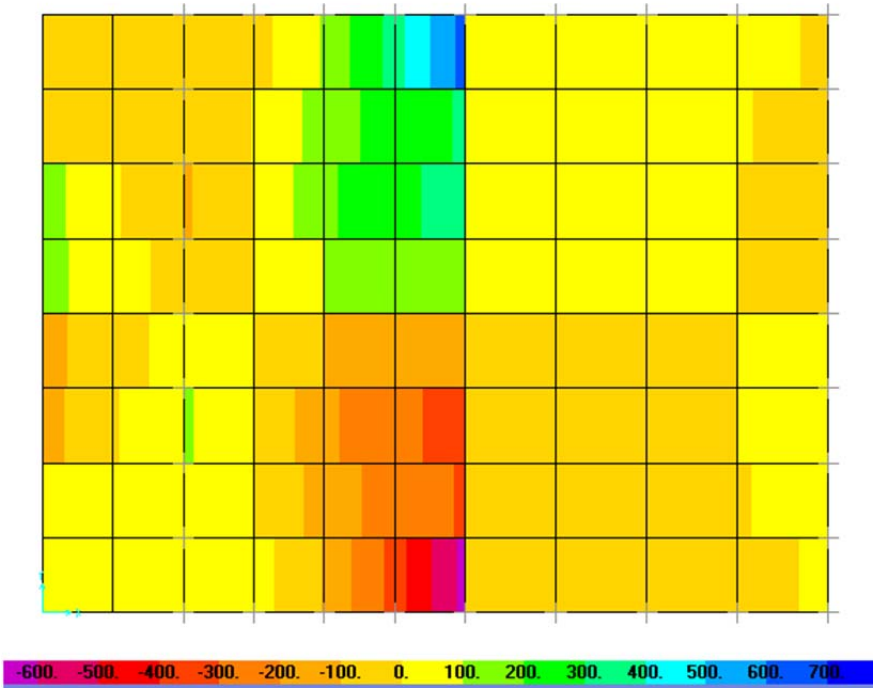


FIGURA 2.14 - V23[KNM/M]

Verifica a taglio:

V_{sd}= 10 kN (spessore 50cm)

Pertanto non è necessario predisporre una specifica orditura a taglio

V_{sd}= 500 kN (spessore 200cm)

La massima forza che può essere sopportata da un elemento dello spessore senza specifica orditura a taglio risulta:

	H	d1	A1	d2	A2	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]									(kN)	(kN)	(kN)
sovr	2000	1942	503	58	503	0.12	1.32	0.0003	35	19.8	0	0.15	0.31	298	610	610

Pertanto non è necessario predisporre una specifica orditura a taglio.

3 VERIFICA SOVRASTRUTTURA SUI CASSONI Q1-Q7

Nella figura seguente si riporta la carpenteria tipo della sovrastruttura:

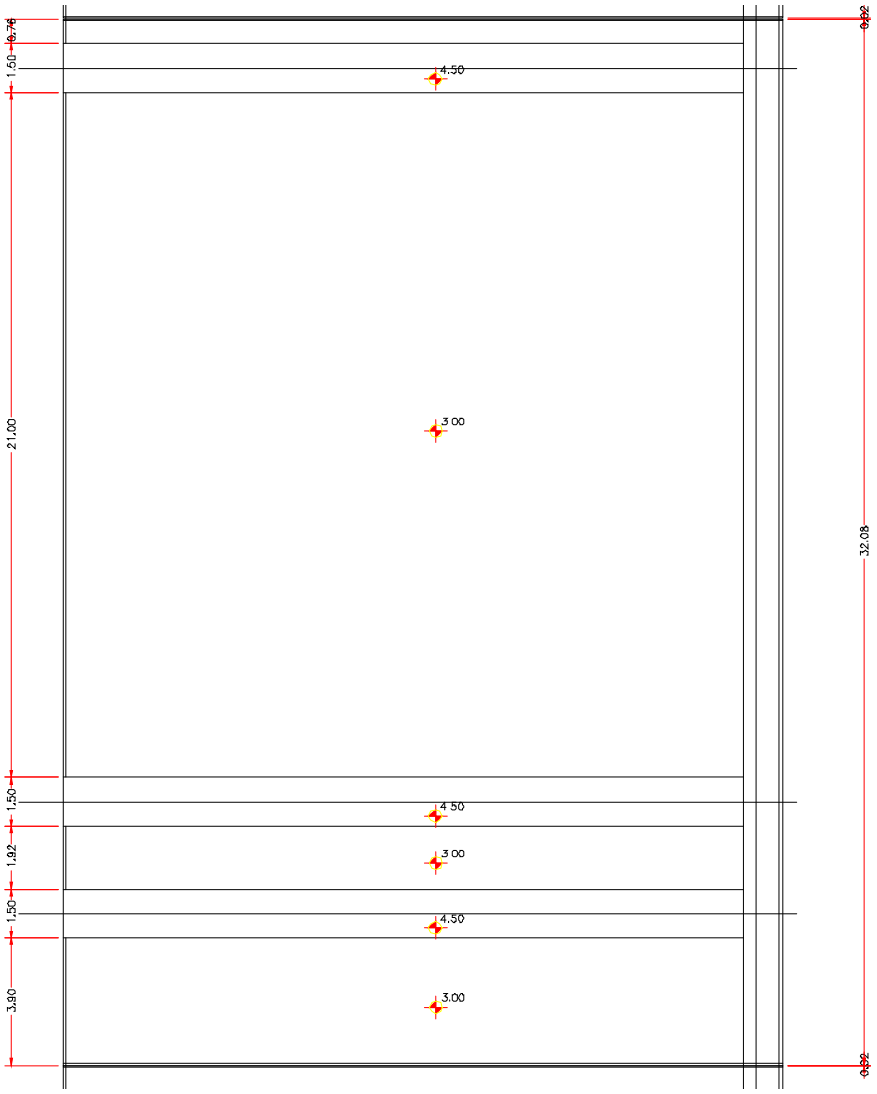


FIGURA 3.1 - CARPENTERIA CONCIO SOVRASTRUTTURA CASSONI Q1-Q7 - PIANTA

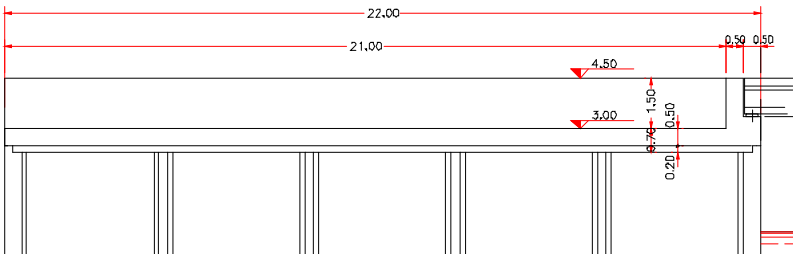


FIGURA 3.2 - CARPENTERIA CONCIO SOVRASTRUTTURA CASSONI Q1-Q7 – SEZIONE TRASVERSALE

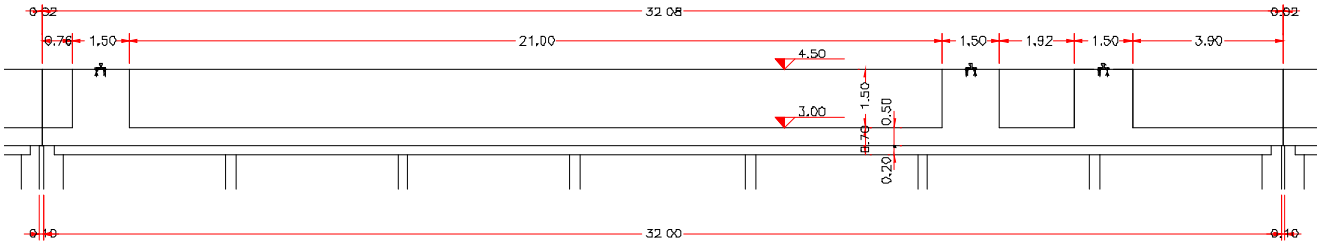


FIGURA 3.3 - CARPENTERIA CONCIO SOVRASTRUTTURA CASSONI Q1-Q7 – SEZIONE LONGITUDINALE

Si procede al calcolo della sovrastruttura utilizzando un modello a piastra appoggiata sui setti verticali e soggetto alle azioni di progetto.

Il modello è stato implementato con il codice di calcolo SAP 2000.

Nella figura seguente è rappresentato lo schema statico della sovrastruttura:

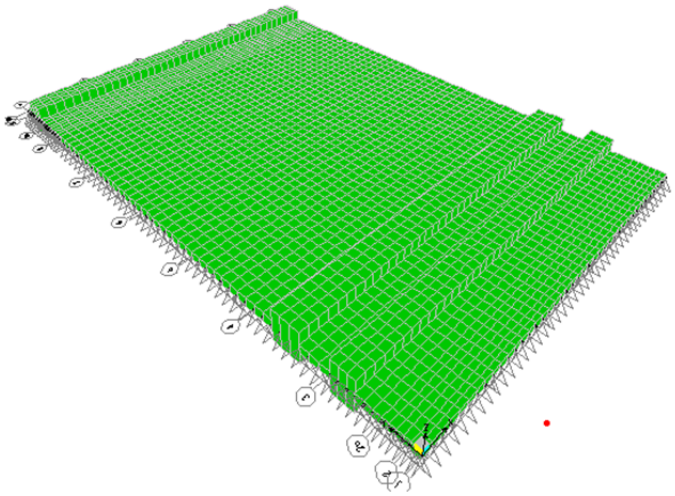


FIGURA 3.4 - SCHEMA STATICO SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7

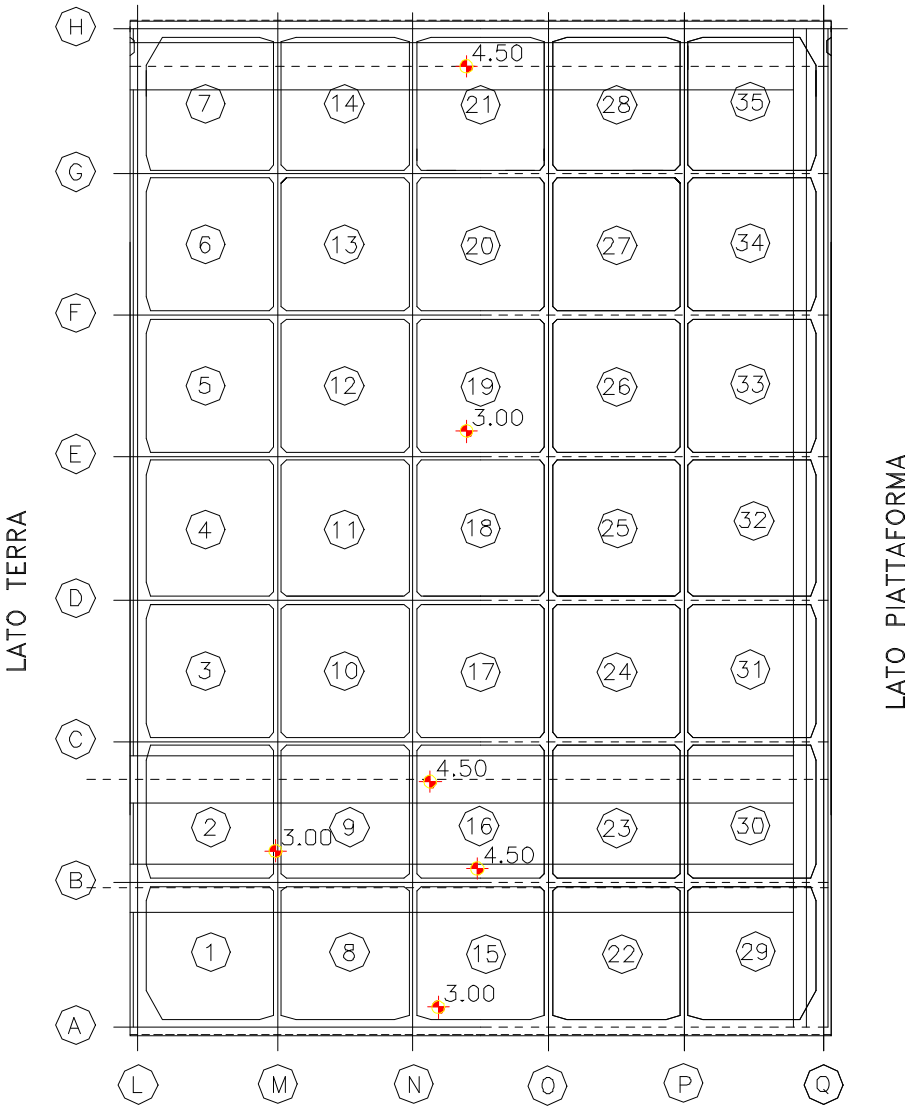


FIGURA 3.5 - SCHEMA IDENTIFICATIVO SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7

3.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Sono state esaminate le seguenti combinazioni di carico:

COMBINAZIONI A S.L.U. – Fase di esercizio

Combinazioni Azioni verticali

a) 1.3pp+1.5ScG
b) 1.3pp+1.5ScG+1.5x0.7xRMG
c) 1.3pp+1.5RMG+1.5x1.0xScG
d) 1.3pp+1.5RMG
e) 1.3pp+1.5dT(+)+1.5x1.0xScG
f) 1.3pp+1.5dT(+)+1.5x0.7xRMG+1.5x1.0xScG
g) 1.3pp+1.5dT(-)+1.5x1.0xScG
h) 1.3pp+1.5dT(-)+1.5x0.7xRMG+1.5x1.0xScG

Combinazioni Sismiche

L'accelerazione orizzontale di 0.15g da luogo ad uno sforzo orizzontale pari a circa 4050kN (≈27000kN x 0.15). Tale sforzo non causa scorrimento della sovrastruttura. Lo sforzo verticale con 0.075g è pari a 2025kN che equivale a circa 3.0kPa.

Dove:

– pp - peso proprio (azione permanente)
– ScG - sovraccarico gravante (azione variabile)
– RMG - Gru
– dT - delta temperatura

Essendo presenti giunti di 2cm fra i conci di sovrastruttura non si è preso in considerazione l'effetto termico di allungamento/accorciamento. Infatti l'allungamento della sovrastruttura nel senso della larghezza di 22m è pari a:

$\Delta l = 5x(10x10^{-6})x22=0.0011m=1mm$

Le combinazioni più sfavorevoli per quanto riguarda gli stati limite ultimi sono elencate nella seguente tabella. Per senso trasversale si intende il lato con lunghezza 22m.

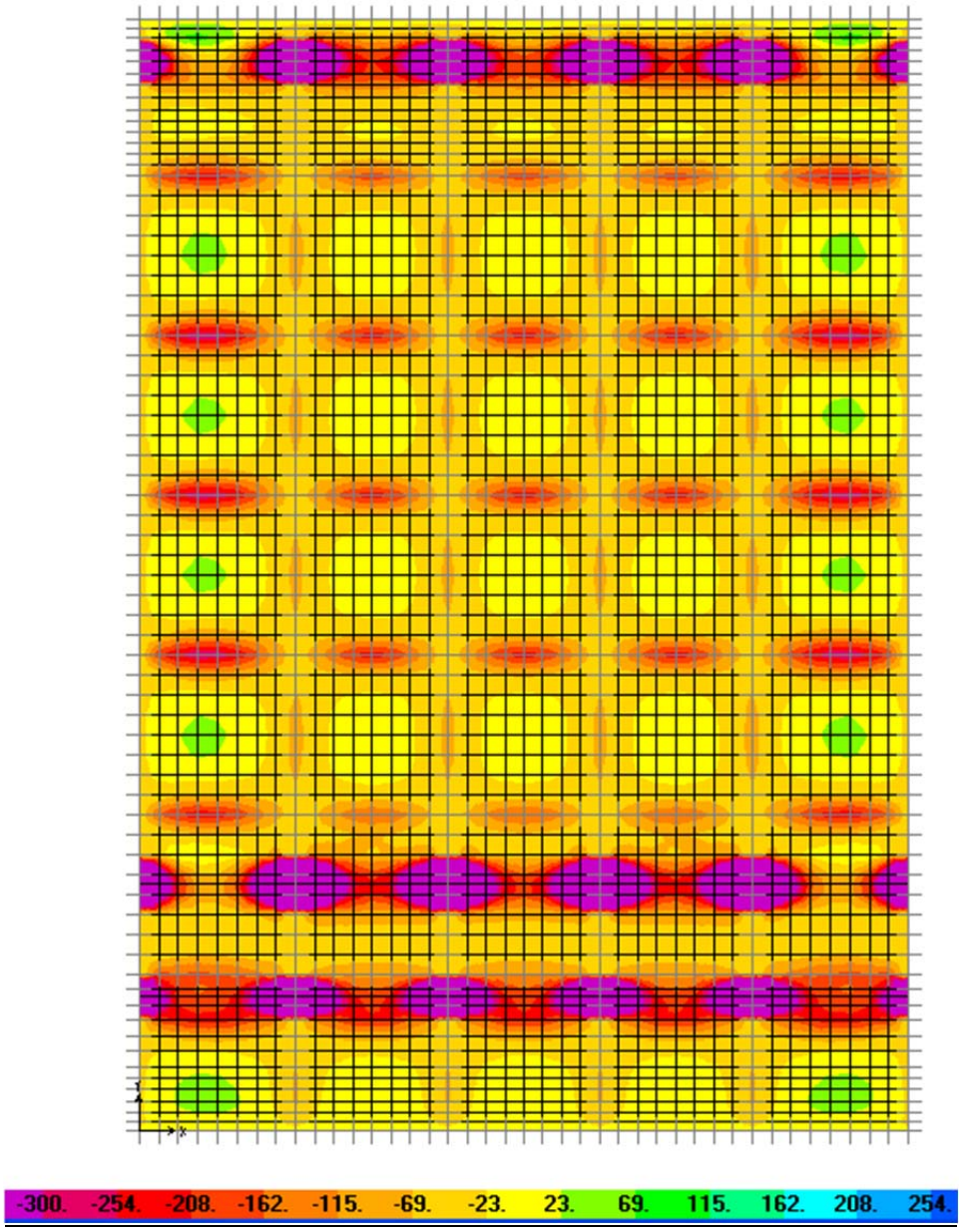


FIGURA 3.6 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLU – MIN M22[KNM/M]

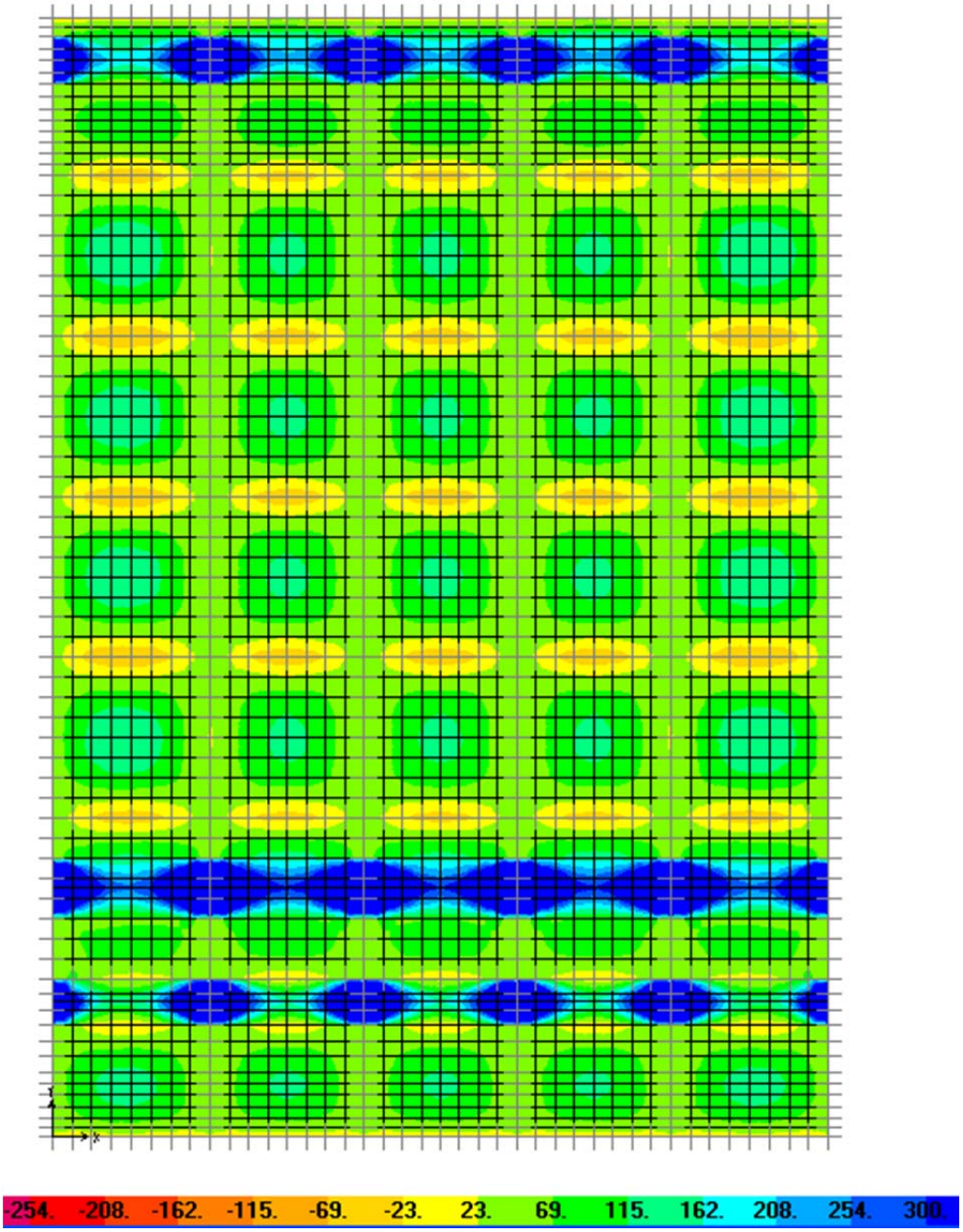


FIGURA 3.7 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLU – MAX M22[KNM/M]

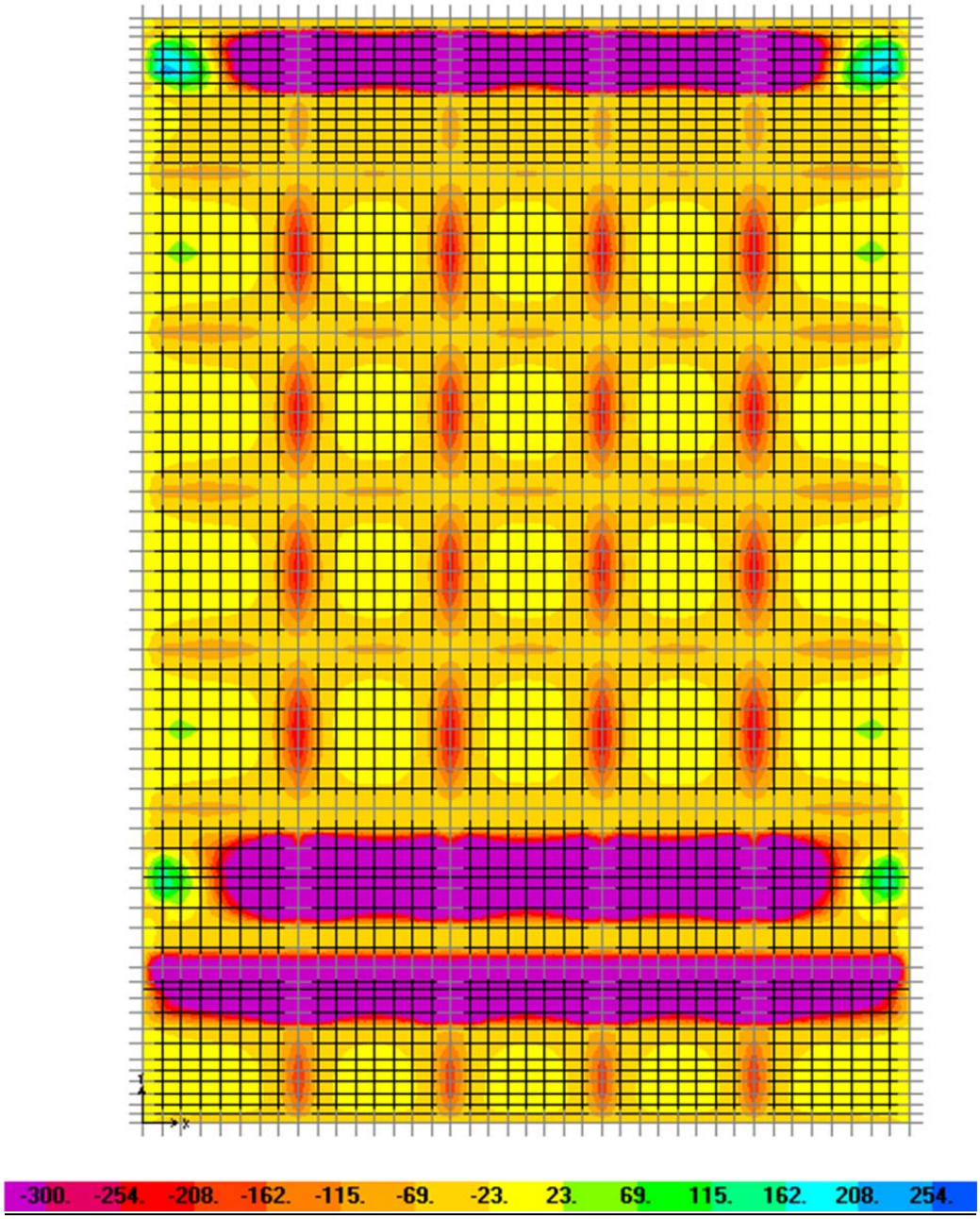


FIGURA 3.8 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLU – MIN M11[KNM/M]

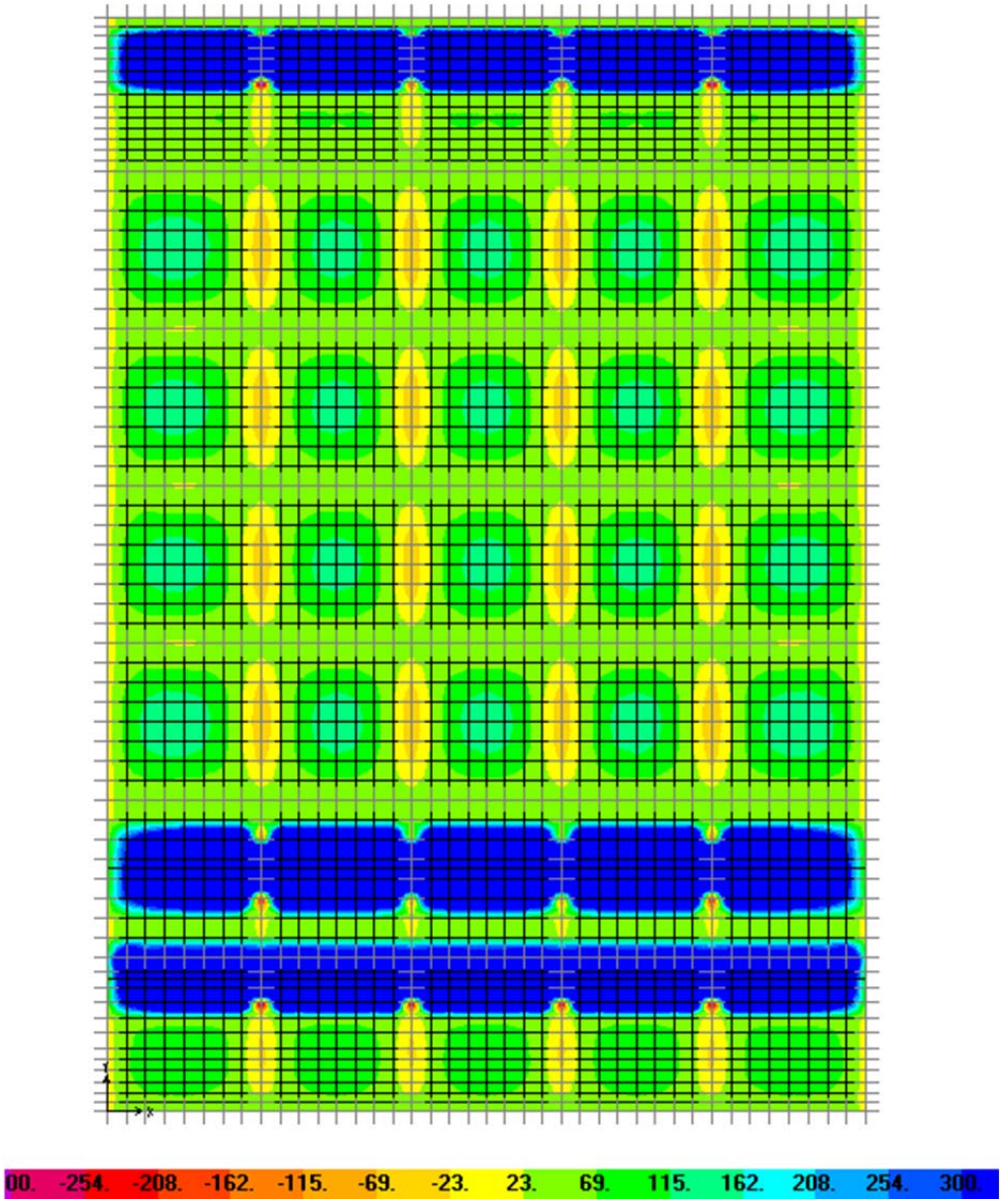


FIGURA 3.9 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLU – MAX M11[KNM/M]

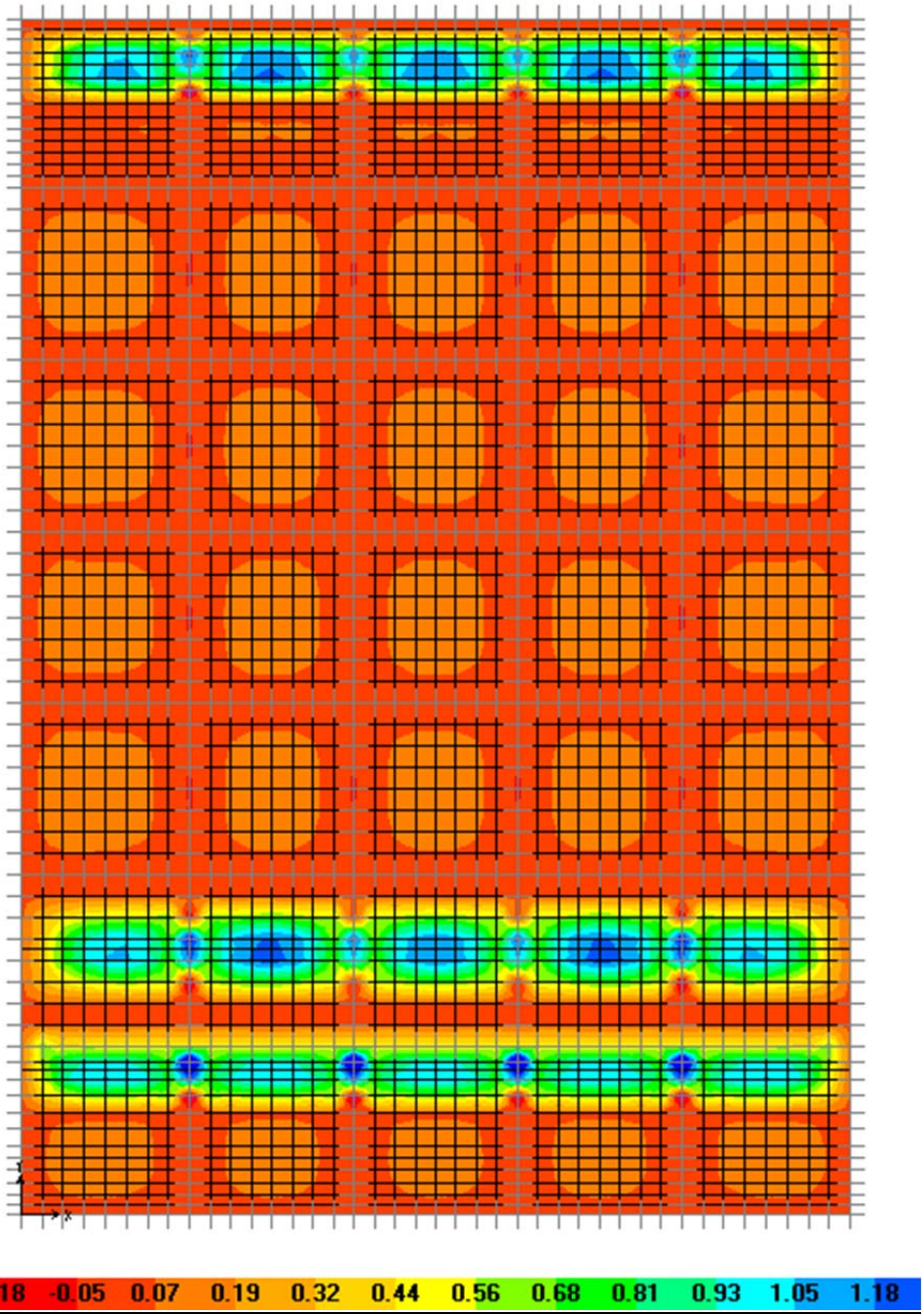


FIGURA 3.10 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLU – MAX M11[KNM/M]

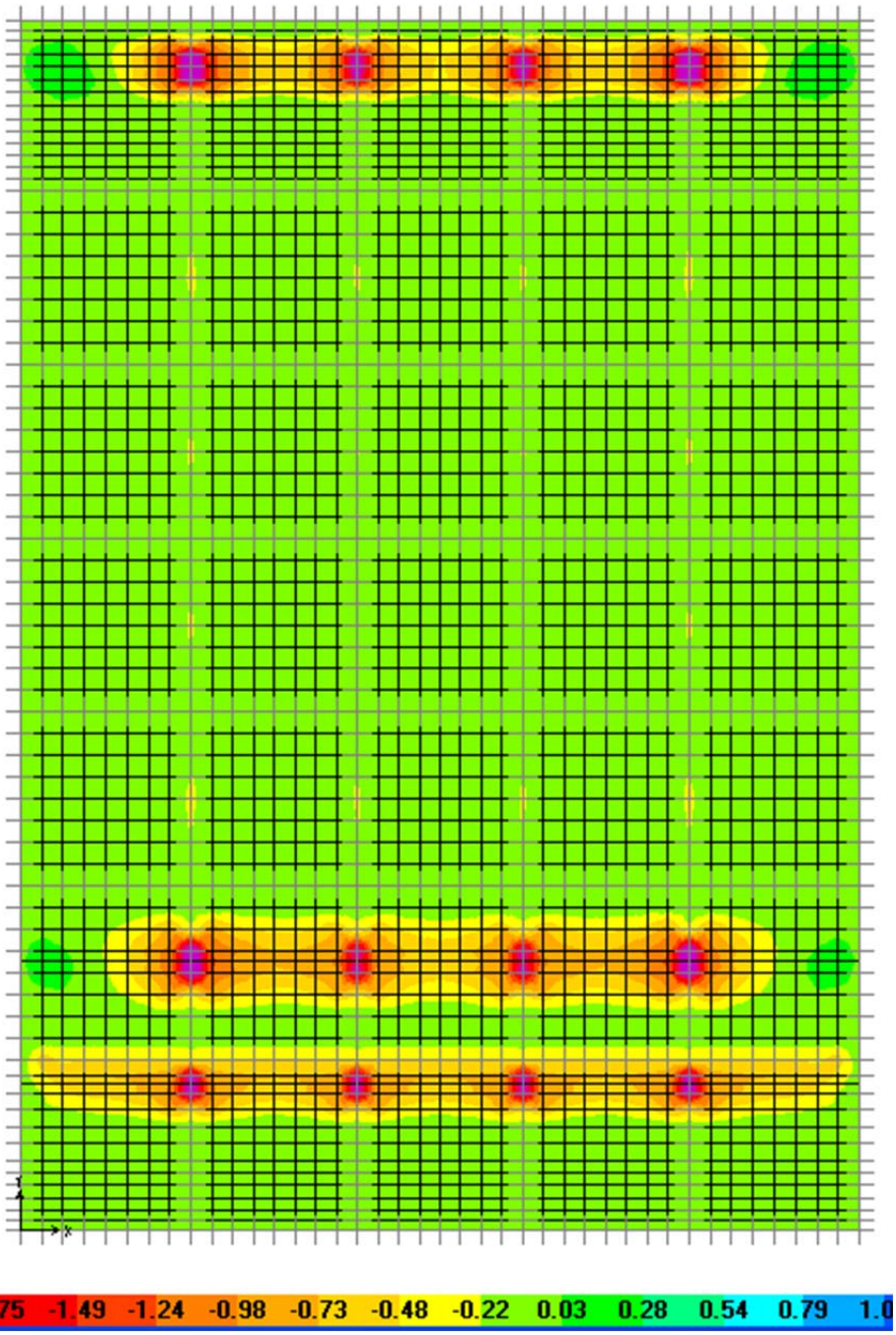


FIGURA 3.11 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLU – MIN M11[KNM/M]

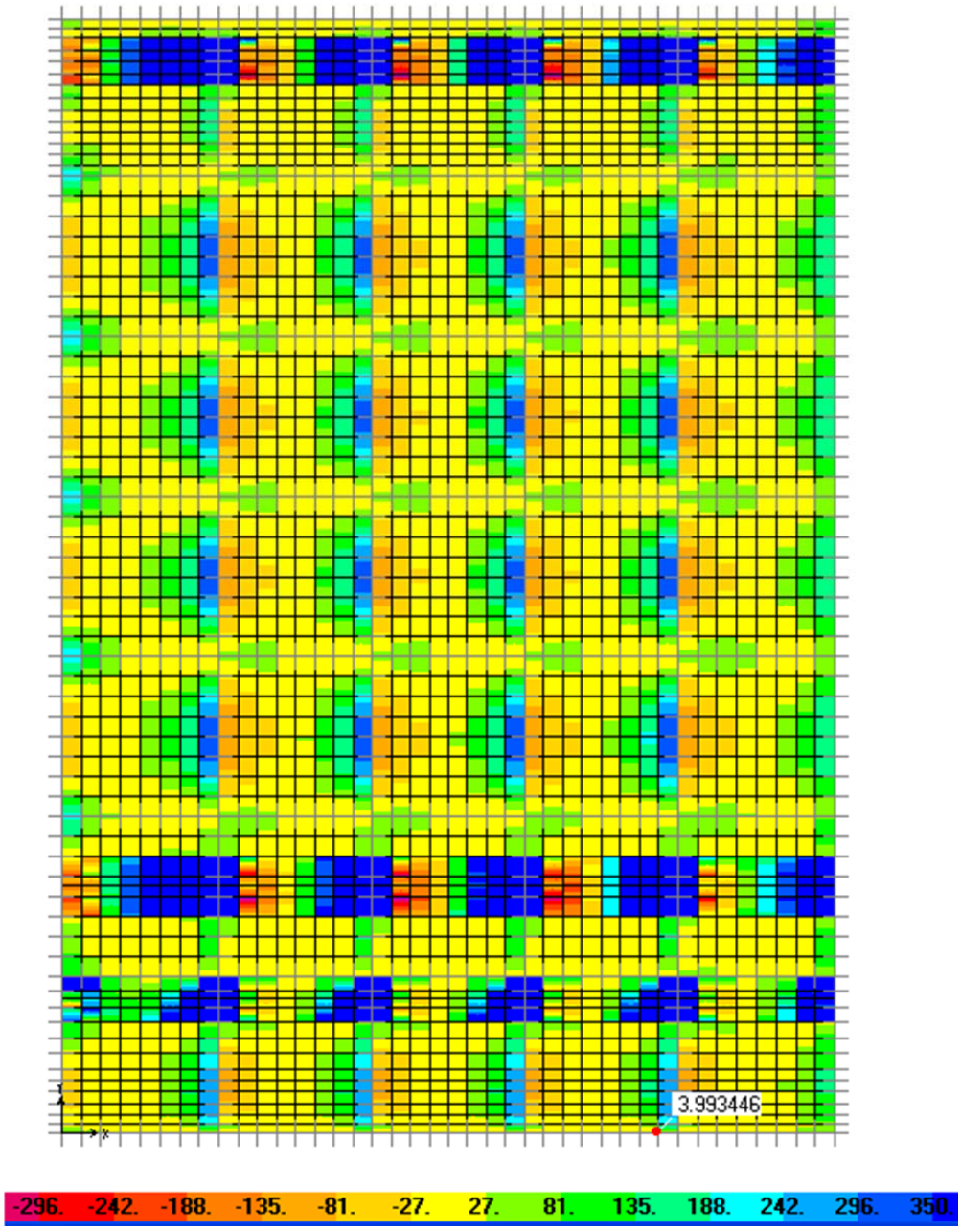


FIGURA 3.12 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLU – MAX V13[KN/M]

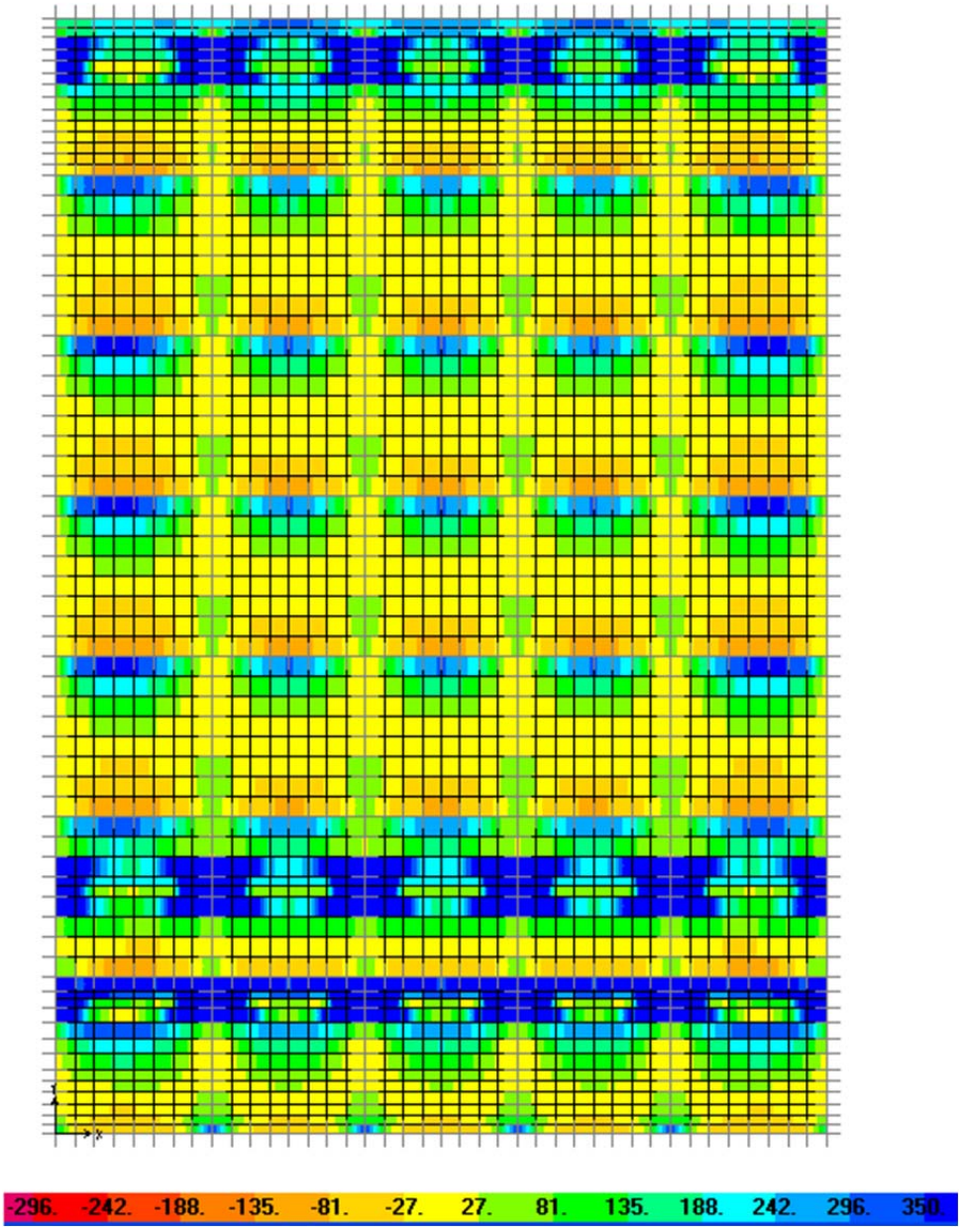


FIGURA 3.13 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLU – MAX V23[KN/M]

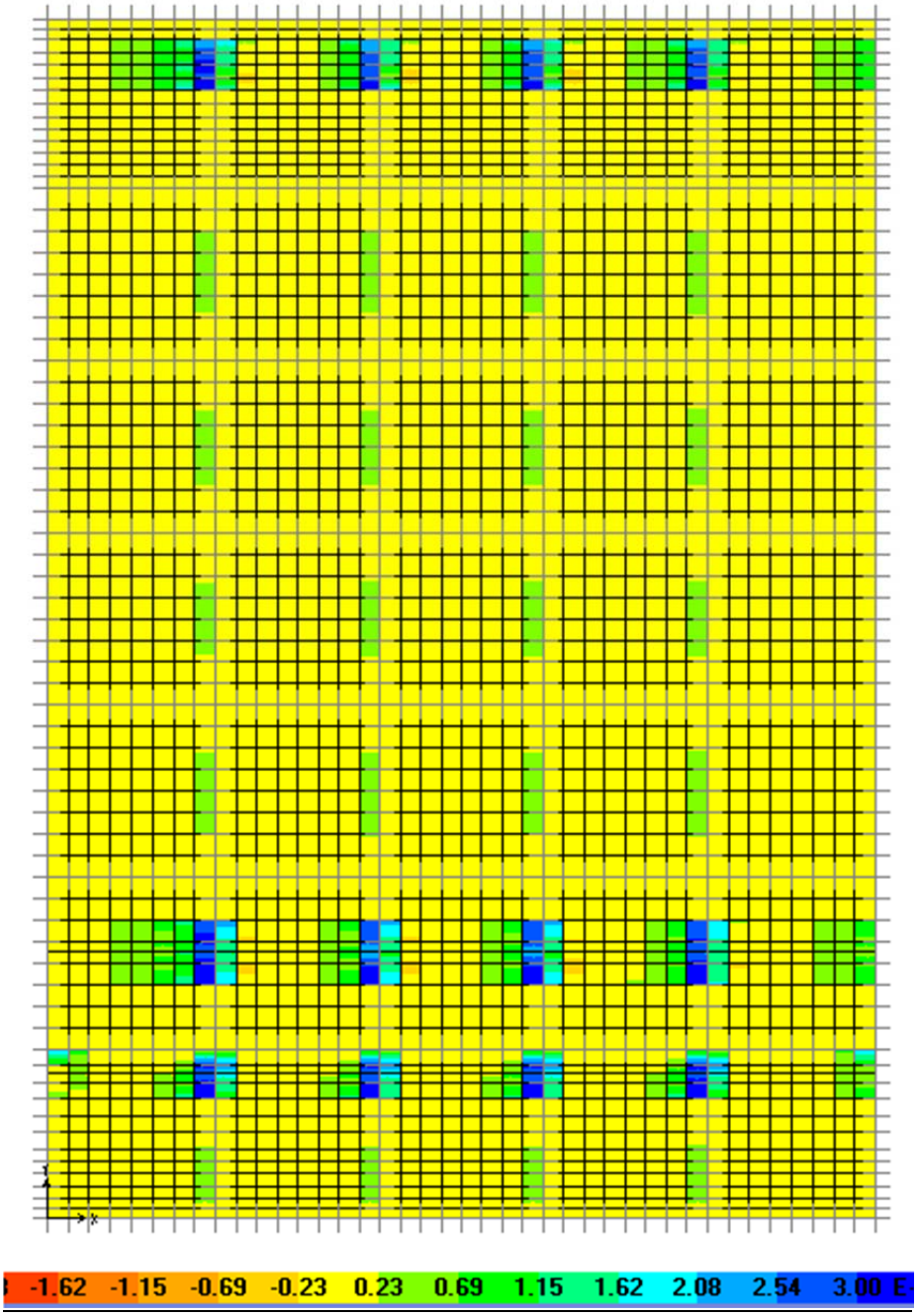


FIGURA 3.14 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLU – MAX V13[KN/M]

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto		Momento Resist.	FS
	Msd		B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup		
		[kNm]	[m]	[m]	Tipo1	Tipo2	Tipo1	Tipo2	[cm]	[cm]	Mrd	Mrd/ Msd
Soletta sul cassone Celle da 1 a 29 intorno a Assi M-N-O-P	M+	+140	1.0	0.5	2.5Ø22		2.5Ø22		7.2	7.2	+172	1.23
	M-	-250			2.5Ø22		2.5Ø22	2.5Ø22	7.2	7.2	-305	1.22
Soletta sul cassone Celle da 1-7/29-35 intorno assi B-C-D-E-F-G	M+	+150	1.0	0.5	2.5Ø22		2.5Ø22		5	5	+170	1.13
	M-	-280			2.5Ø22		2.5Ø22	2.5Ø22	5	5	-314	1.12
Soletta sul cassone Celle da 8 a 28 intorno assi B-C-D-E-F-G	M+	+120	1.0	0.5	2.5Ø22		2.5Ø22		5	5	+170	1.42
	M-	-200			2.5Ø22		2.5Ø22	2.5Ø18	5	5	-266	1.33
Trave gru RMG Celle 2-9-16-23-30 Intorno assi B-C	M+	+300	1.0	0.5	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	5	5	+314	1.05
	M-	-300			2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	5	5	-314	1.05
Trave gru RMG senso trasversale	M+	+900	1.0	2.0	Per verifiche orditura trasversale trave gru vedere sotto							
	M-	-1850										
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione												

TABELLA 3-1 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – VERIFICHE SLU

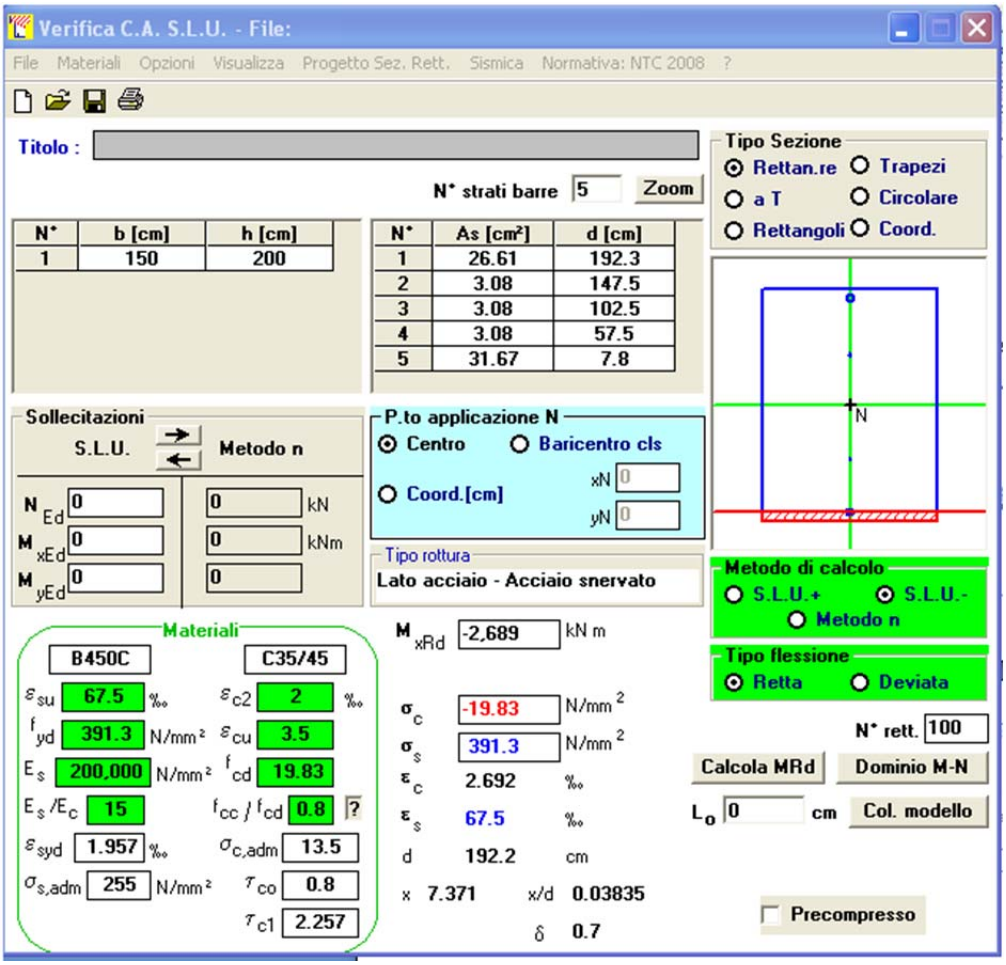
Orditura sovrastruttura in corrispondenza trave RMG

B= 1.5m, H=2.0m

M_{sd}=-1700kNm/m x 1.5 = 2550kNm (superiore),

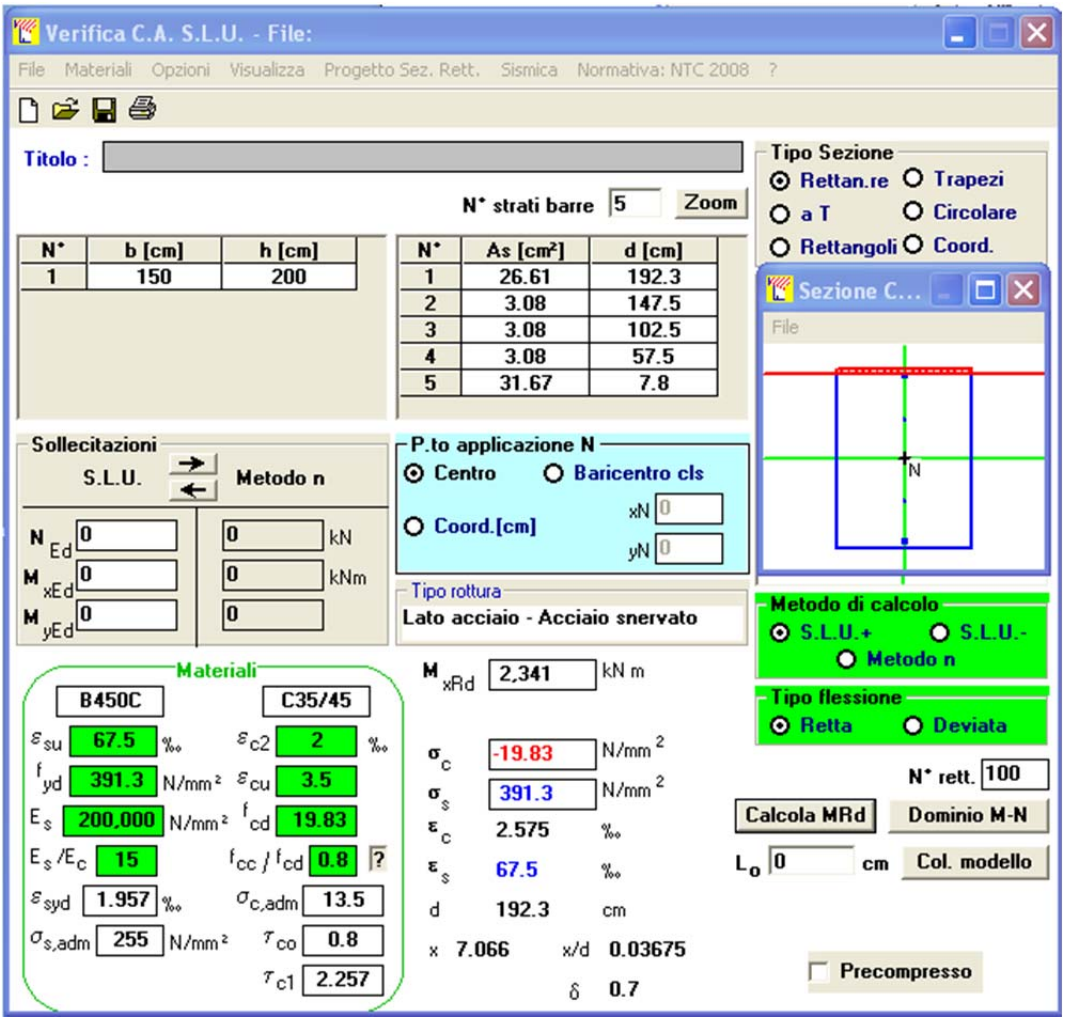
M_{sd}=+900kNm/m x 1.5 = 1350kNm (inferiore),

Si predispone 7Φ24=3164 mm^2 come orditura principale superiore.



M_{rd}=-2689kNm > -2400kNm,

Si predispone 7Φ22=2667 mm^2 come orditura principale inferiore.



M_{rd}=+2341kNm > +1350kNm,

<u>Orditura a taglio - Trave Gru RMG</u>

V_{sd}=3000kN/m x 1.5 = 4500kNm

	Vsd	H	d1	A1	d2	A2	Crdc	K	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]									(kN)	(kN)	(kN)
Trave gru RMG	**3000**	2000	1925	1905	75	2280	0.12	1.32	0.0010	35	19.8	0	0.15	0.31	482	606	**606**

Si dispone di staffatura verticale:

nel senso longitudinale 4 braccia del ϕ16 a passo 400mm.

	Orditura a taglio									acciaio	cls	
	p s(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d (mm)	fywd	alfacw	v1	Vrd,s (kN)	Vrd,max (kN)	**Vres [kN]**
Trave gru RMG	400	804	2.5	1	1.00	1732	391.0	1	0.516	4766	4766	**4766**

Orditura a taglio – Soletta

V_{sd}=320kN/m (V13), V_{sd}=300/370kN/m (V23)

	Vsd	H	d1	A1	d2	A2	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	**VRD**
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]									(kN)	(kN)	**(kN)**
Zona riemp. long.	**370**	500	439	953	61	953	0.12	1.67	0.002	35	19.8	0	0.15	0.45	173	197	**197**
Zona riemp. trasv.	**322**	500	417	953	83	953	0.12	1.69	0.002	35	19.8	0	0.15	0.46	169	190	**190**

Si dispongono delle legature composte da un cavalletto composto da barre del **2ϕ14** con passo 400x800mm.

	Orditura a taglio									acciaio	Cls	Vres	
	p s(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d (mm)	fywd	alfacw	v1	Vrd,s (kN)	Vrd,max (kN)	[kN]	T/Vres
Zona riempimento trasv. Bordo	400	462	2.5	0	1.00	395.1	391	1	0.5	446	1394	446	2.49
Zona riempimento long.	400	462	2.5	0	1.00	375.3	391	1	0.5	424	1324	424	2.63

3.2 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Si verifica la fessurazione per le combinazioni di servizio frequenti e rare in conformità con la normativa vigente.

Le combinazioni più sfavorevoli per quanto riguarda gli stati limite di esercizio sono riportate nella seguente tabella.

COMBINAZIONI A S.L.E. (frequenti) – Fase di esercizio

a) 1.0pp+0.9ScG
b) 1.0pp+0.9ScG+0.6RMG
c) 1.0pp+0.7RMG
d) 1.0pp+0.7RMG+0.8ScG

Le combinazioni più sfavorevoli per quanto riguarda gli stati limite d'esercizio (combinazione frequente) sono elencate nella seguente tabella. Per senso trasversale si intende il lato con lunghezza 22m.

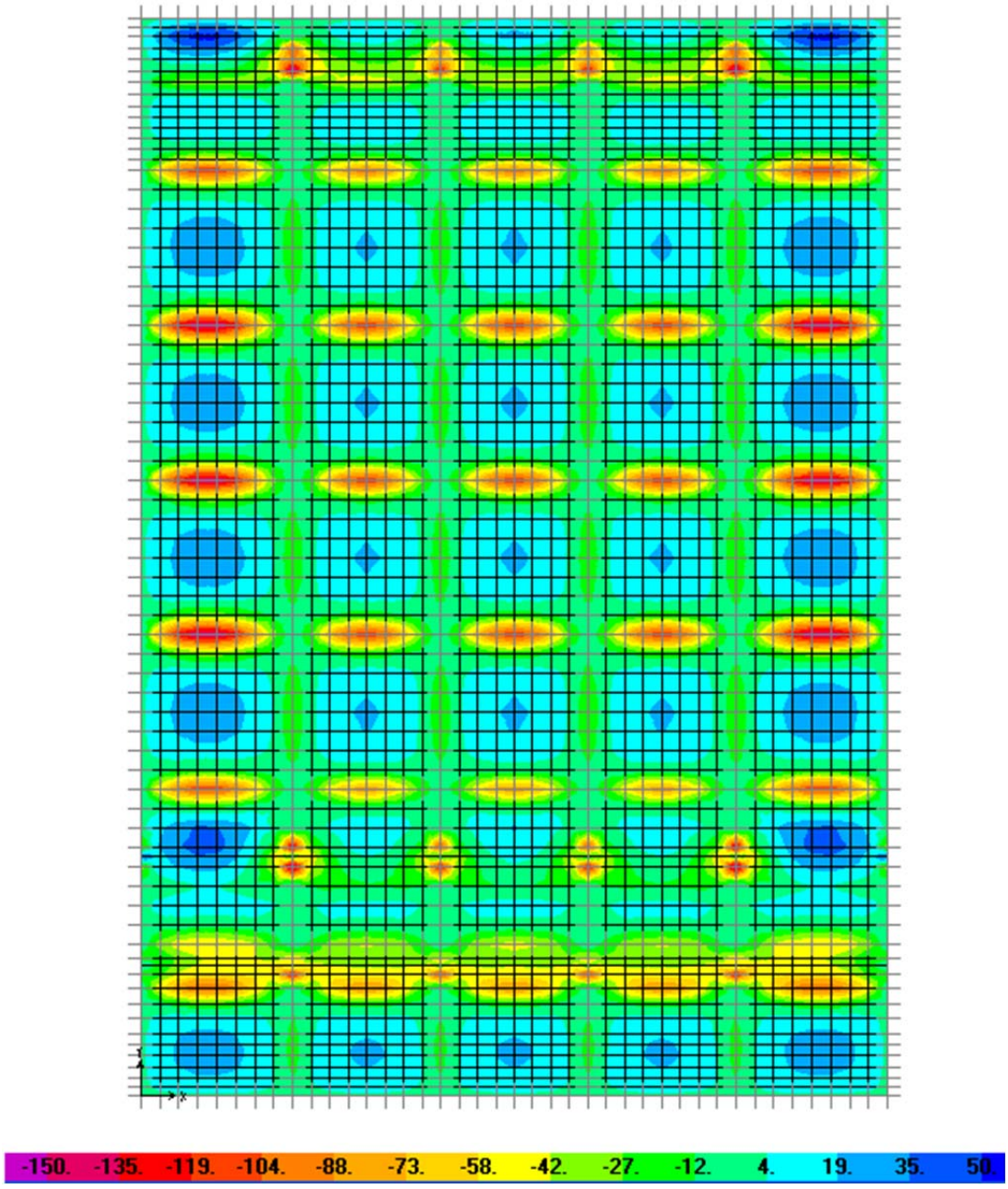


FIGURA 3.15 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLE(FREQ) –MIN M22[KNM/M]

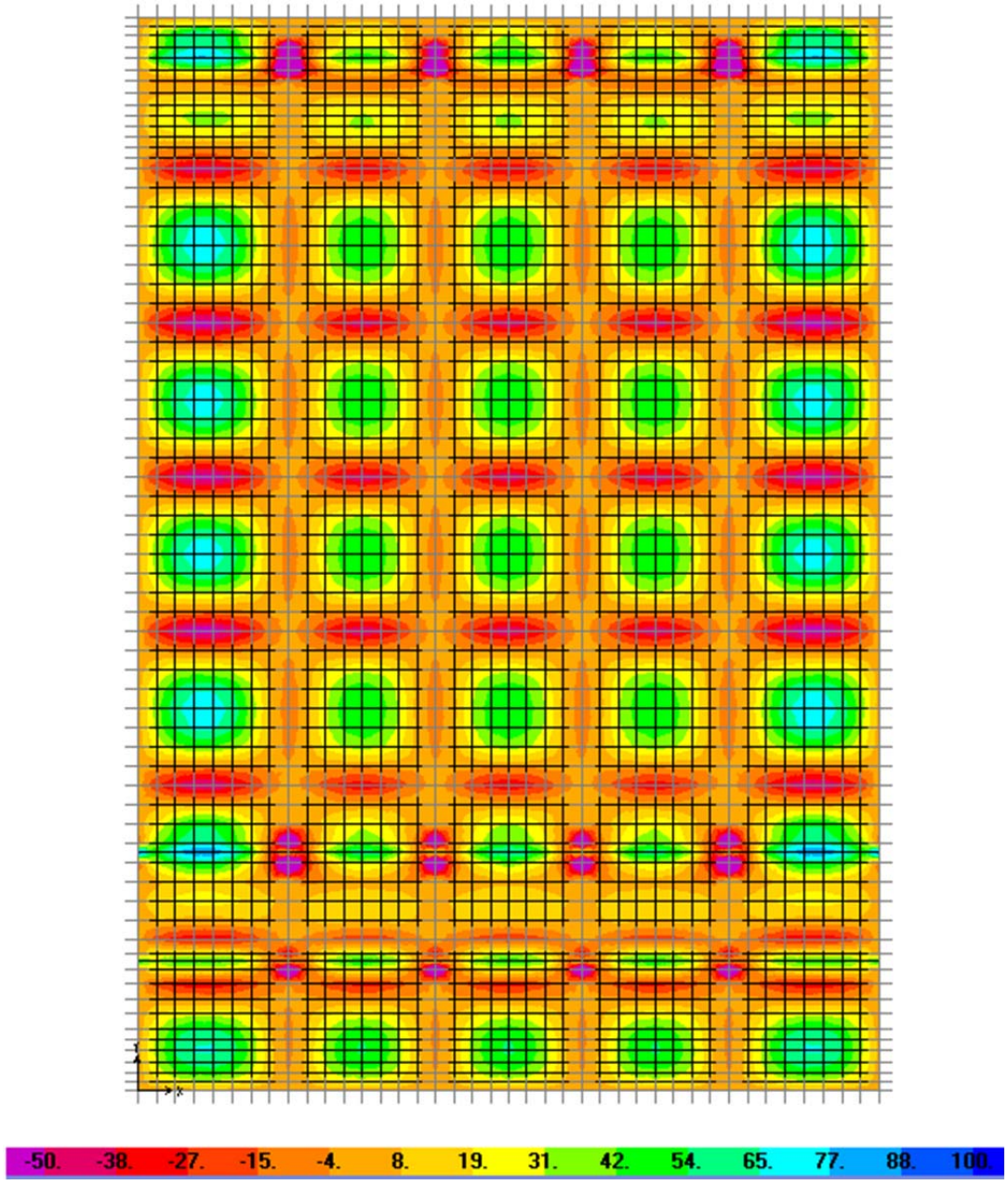


FIGURA 3.16 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLE(FREQ) –MAX M22[KNM/M]

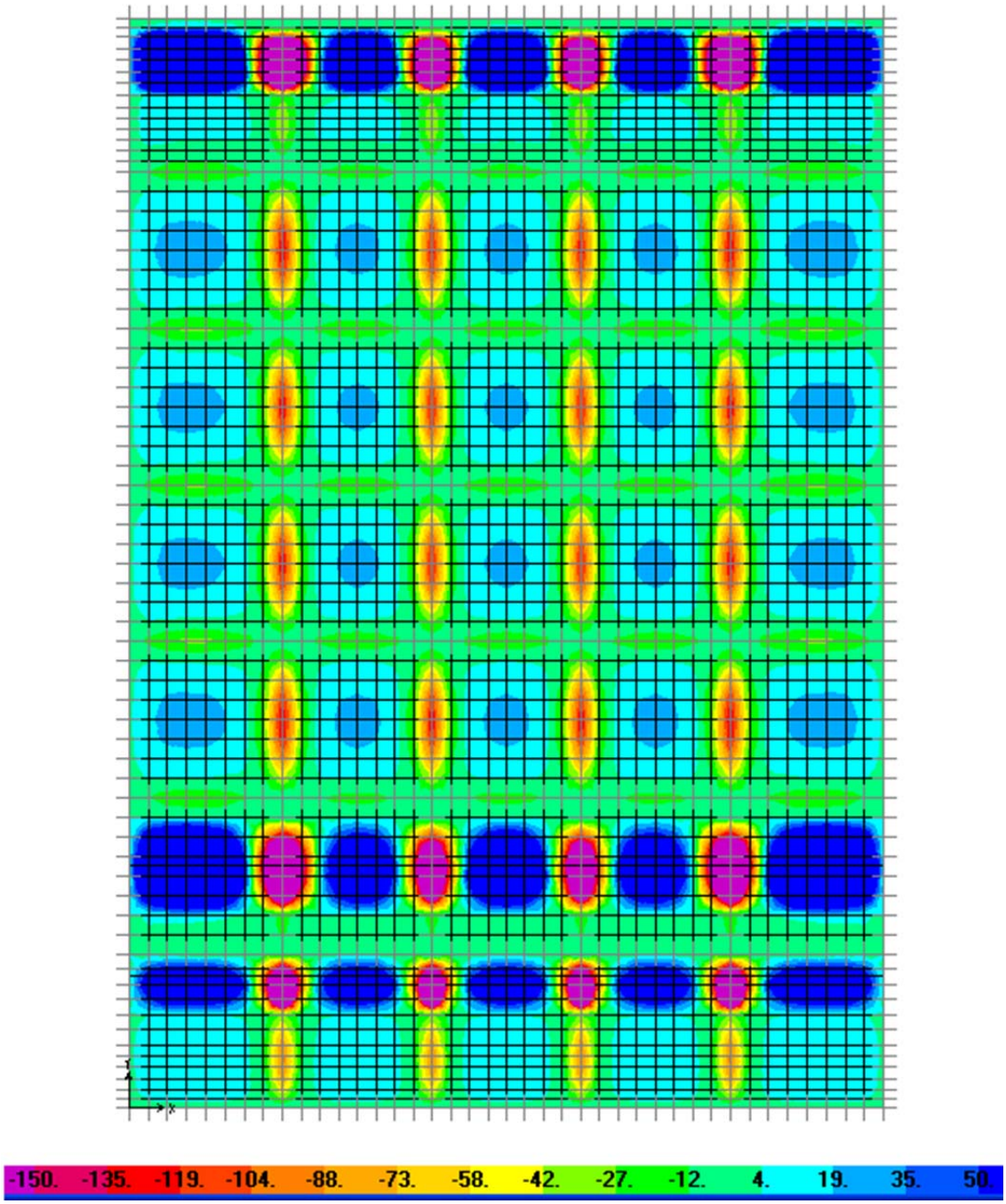


FIGURA 3.17 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLE(FREQ) –MIN M11[KNM/M]

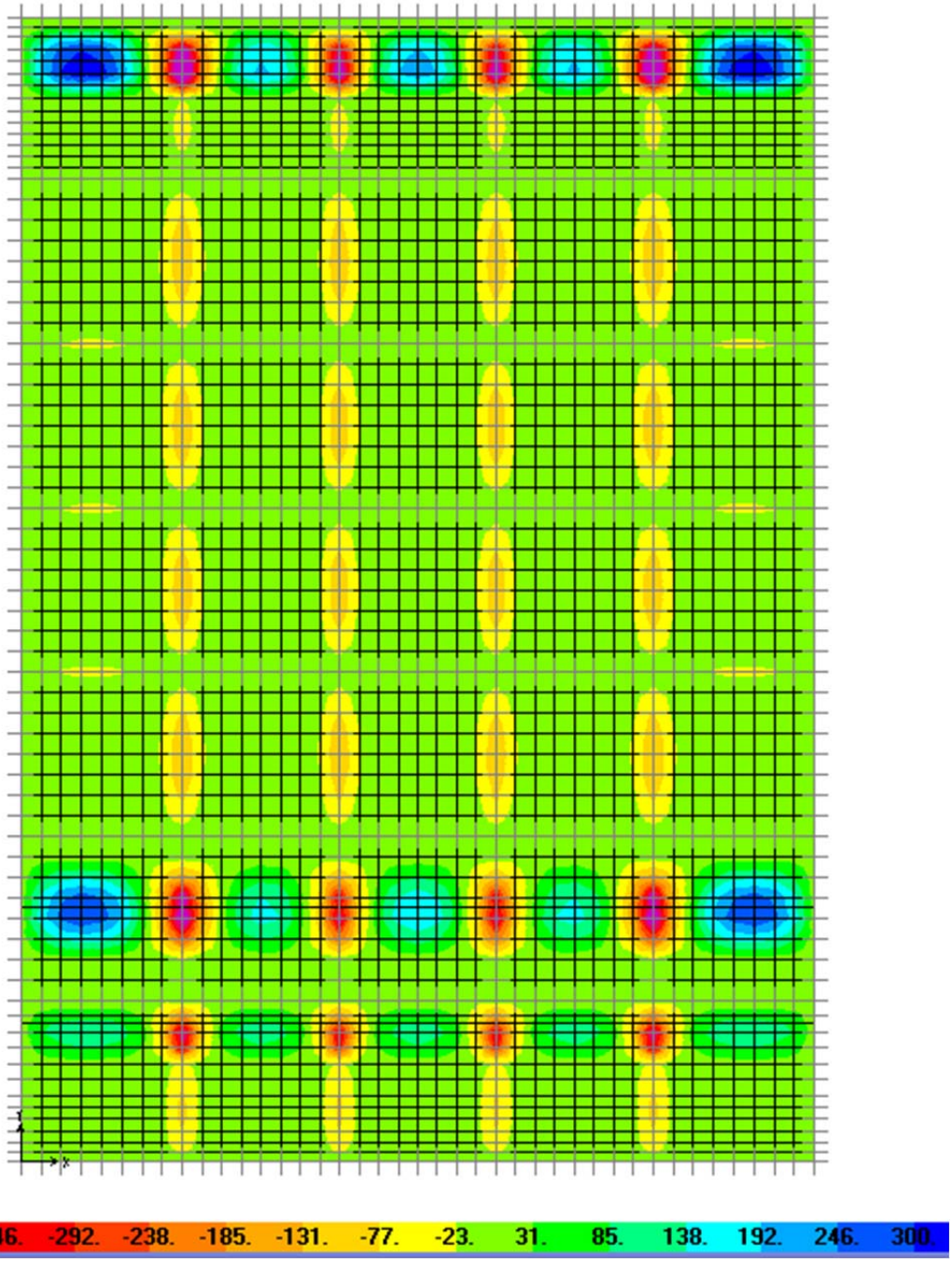


FIGURA 3.18 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLE(FREQ) –MIN M11[KNM/M]

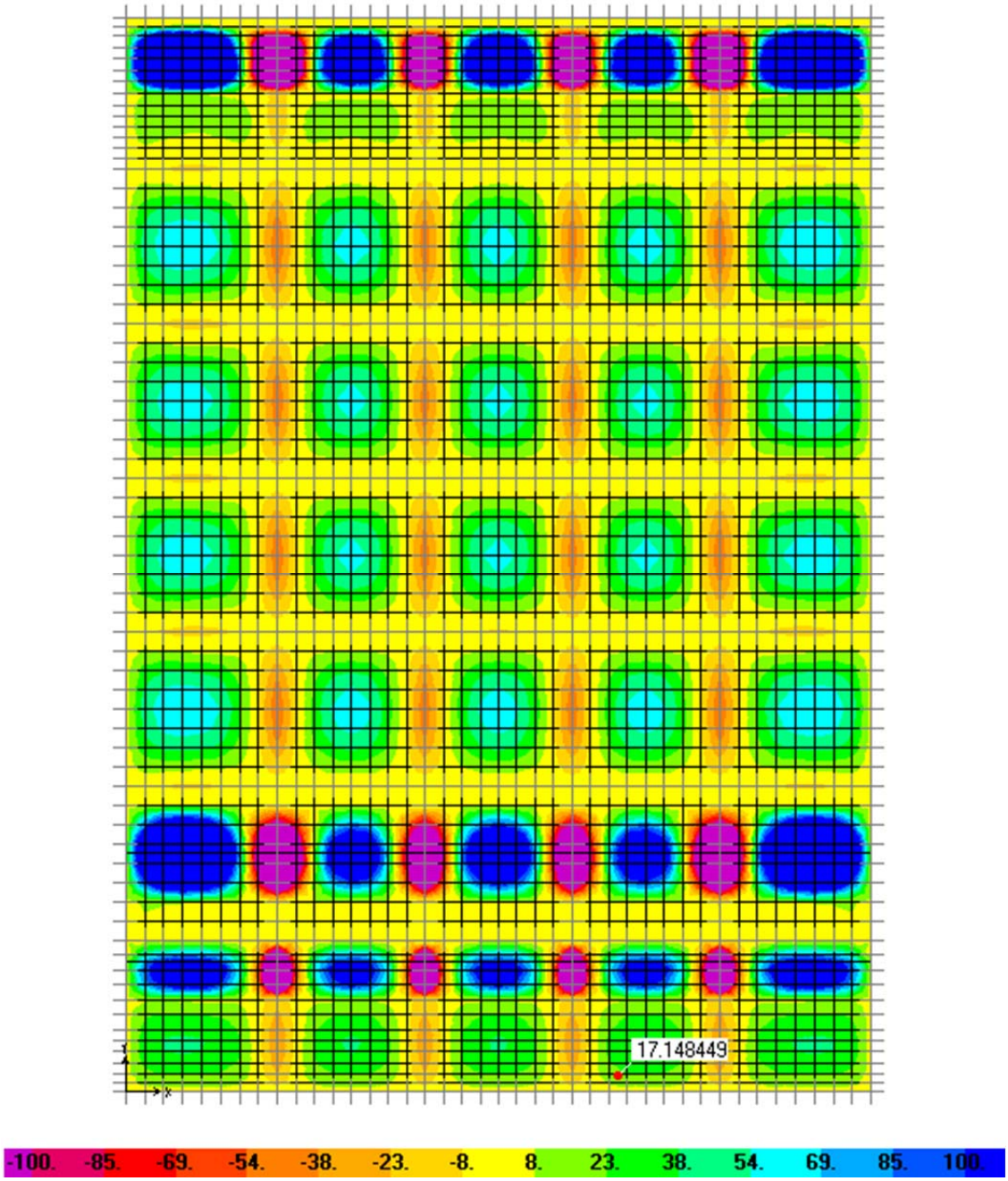


FIGURA 3.19 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLE(FREQ) –MAX M11[KNM/M]

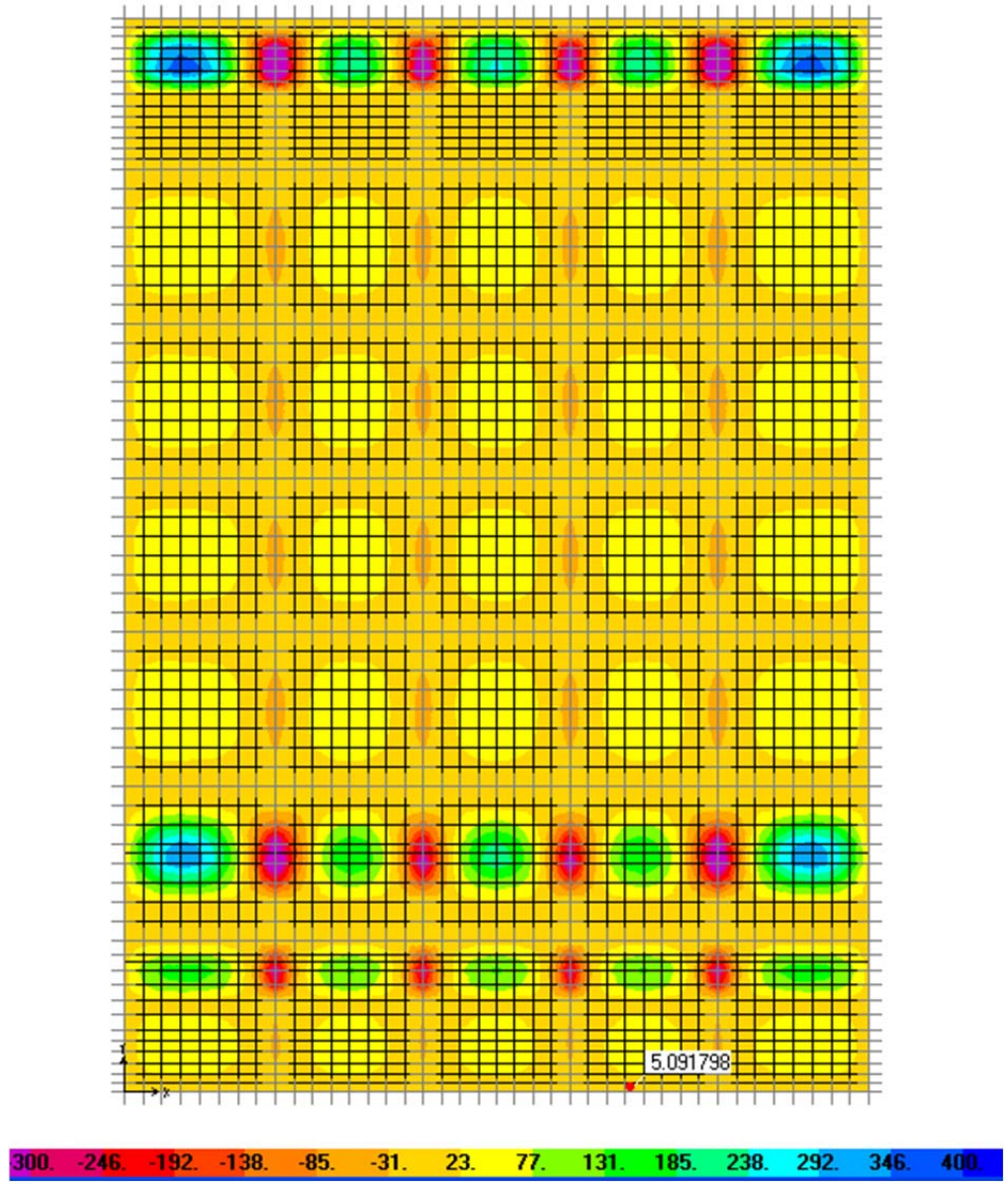


FIGURA 3.20 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLE(FREQ) –MAX M11[KNM/M]

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto				
	Msd		B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup	σ_c	σ_s	w
		[kNm]	[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
Soletta sul cassone Celle da 1 a 29 intorno a Assi M-N-O-P	M+	+55	1.0	0.5	2.5Ø22		2.5Ø22		7.2	7.2	2.9	148	0.188
	M-	-140			2.5Ø22		2.5Ø22	2.5Ø22	7.2	7.2	5.6	194	0.187
Soletta sul cassone Celle da 1-7/29-35 intorno assi B-C-D-E-F-G	M+	+70	1.0	0.5	2.5Ø22		2.5Ø22		5	5	3.3	178	0.201
	M-	-150			2.5Ø22		2.5Ø22	2.5Ø22	5	5	5.4	196	0.160
Soletta sul cassone Celle da 8 a 28 intorno assi B-C-D-E-F-G	M+	+50	1.0	0.5	2.5Ø22		2.5Ø22		5	5	2.4	127	0.144
	M-	-105			2.5Ø22		2.5Ø22	2.5Ø18	5	5	4.0	163	0.147
Trave gru RMG Celle 2-9-16-23-30 Intorno assi B-C	M+	+75	1.0	0.5	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	5	5	2.5	98	0.081
	M-	-90			2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	5	5	3.0	117	0.097
Trave gru RMG senso trasversale	M+	+360	1.0	2.0	Per verifiche orditura trasversale trave gru RMG vedere sotto								
	M-	-400											
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione													

TABELLA 3-2 - SOVRASTRUTTURA CASSONI Q1-Q7 - VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLE (COMBINAZIONI FREQUENTI)

Di seguito si riportano le verifiche agli Stati Limiti d'Esercizio della trave gru per le combinazioni frequenti:

Trave gru RMG - Orditura superiore:

M= -400kNm/m x 1.5m= -600 kNm

B=1.5m H=2.00m

H1=1.922m A1=3164 mm^2(7Φ24)

copriferro = 66mm, passo orditura = 200mm

σ_a = 102 N/mm^2 σ_c = 1.4 N/mm^2 w=0.105 mm

Trave gru RMG - Orditura inferiore:

M=360kNm/m x 1.5m=540 kNm

B=1.5m H=2.00m

H1=1.923m A1=2667cm^2(7Φ22)

copriferro = 66mm, passo orditura = 200mm

σ_a = 109 N/mm^2 σ_c = 1.3 N/mm^2 w=0.113 mm

COMBINAZIONI A S.L.E. (rare) – Fase di esercizio

a) 1.0pp+1.0ScG
b) 1.0pp+1.0ScG+0.7RMG
c) 1.0pp+1.0RMG
d) 1.0pp+1.0RMG+1.0ScG
e) 1.0pp+0.6dT(+)+1.0xScG
f) 1.0pp+0.6dT(+)+0.7RMG+1.0ScG
g) 1.0pp+0.6dT(-)+1.0xScG
h) 1.0pp+0.6dT(-)+0.7RMG+1.0ScG

Le combinazioni più sfavorevoli per quanto riguarda gli stati limite d'esercizio (combinazioni rare) sono elencate nella seguente tabella. Per senso trasversale si intende il lato con lunghezza 22m.

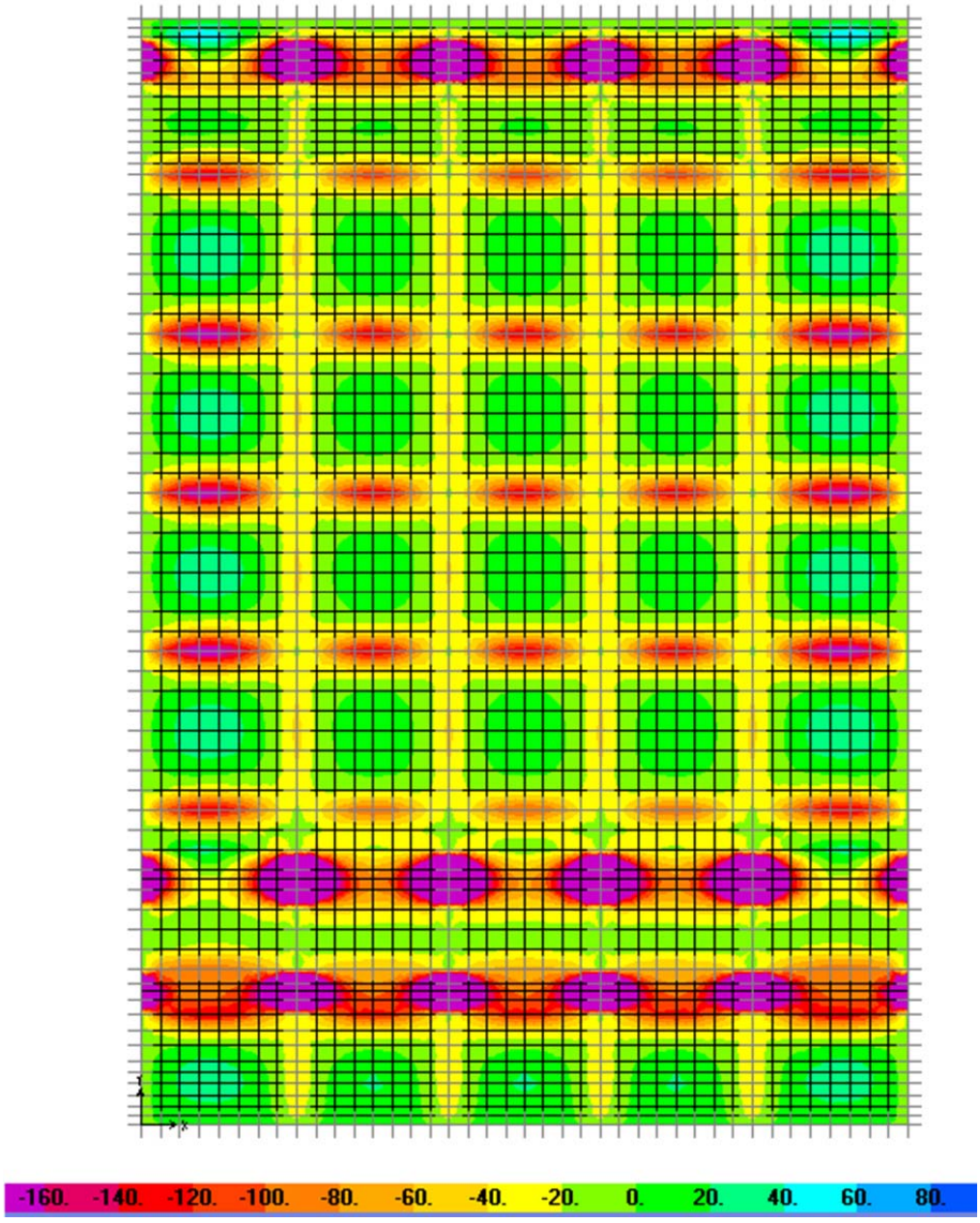


FIGURA 3.21 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLE(FREQ) –MIN M22[KNM/M]

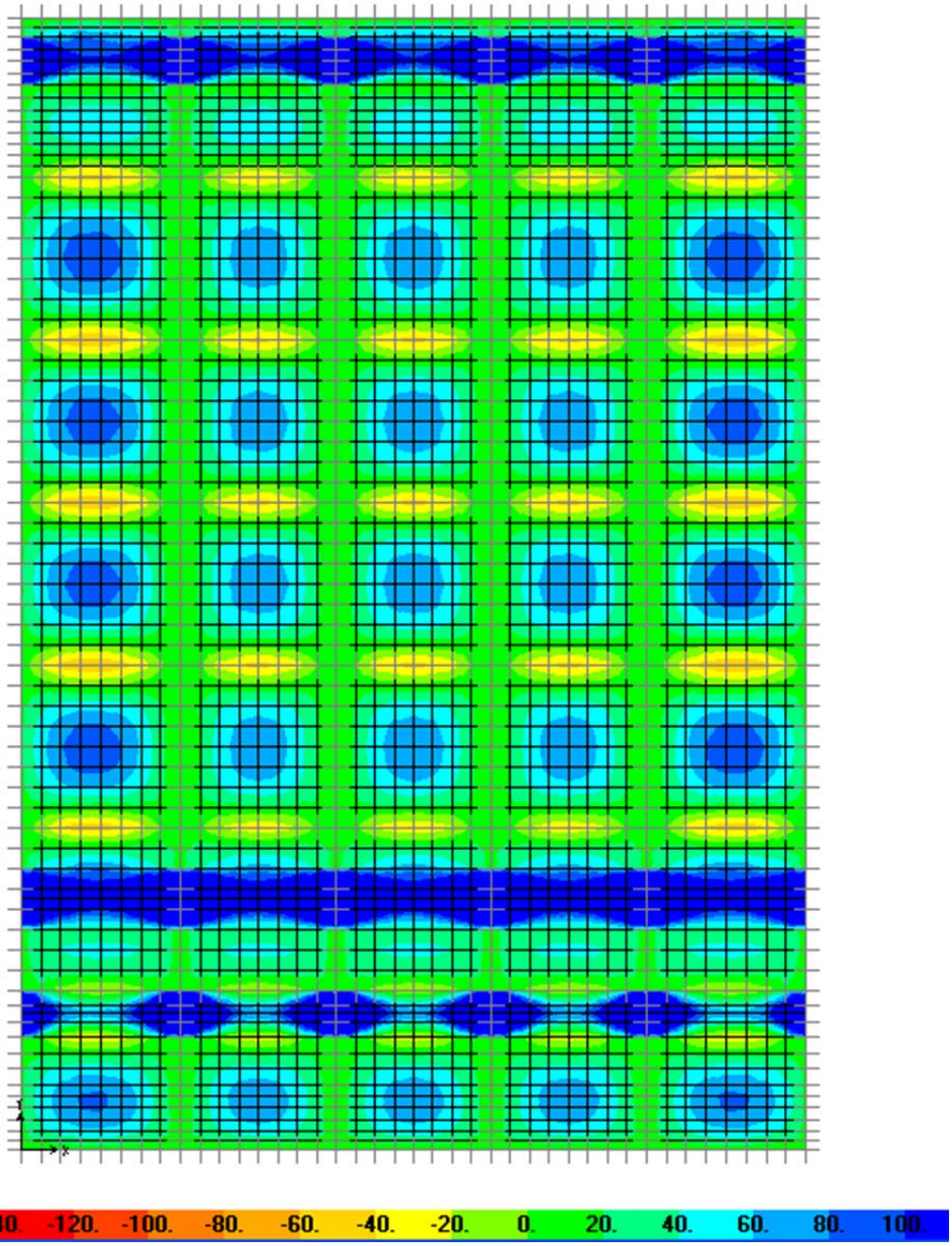


FIGURA 3.22 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLE(FREQ) –MAX M22[KNM/M]

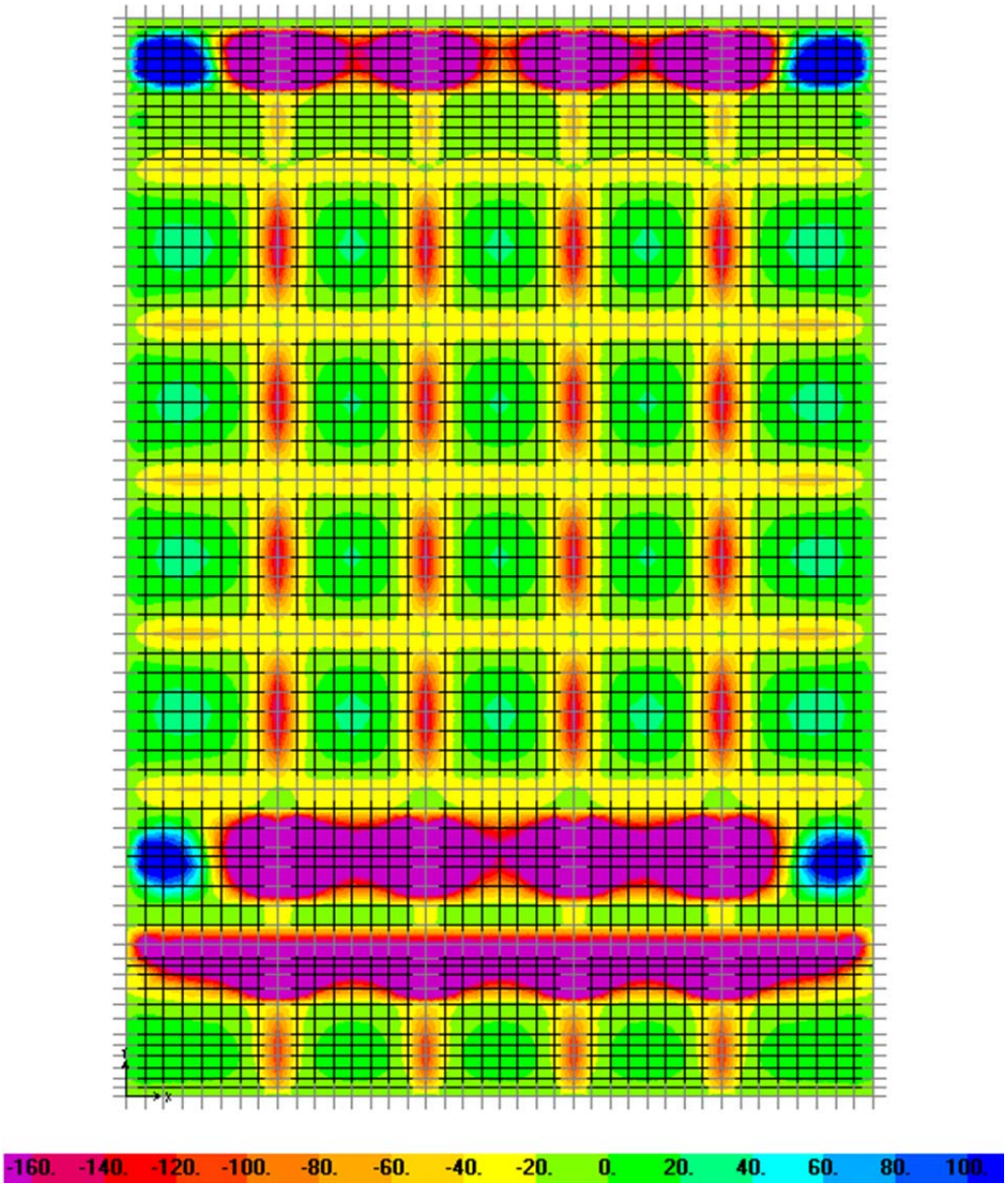


FIGURA 3.23 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLE(FREQ) –MIN M11[KNM/M]

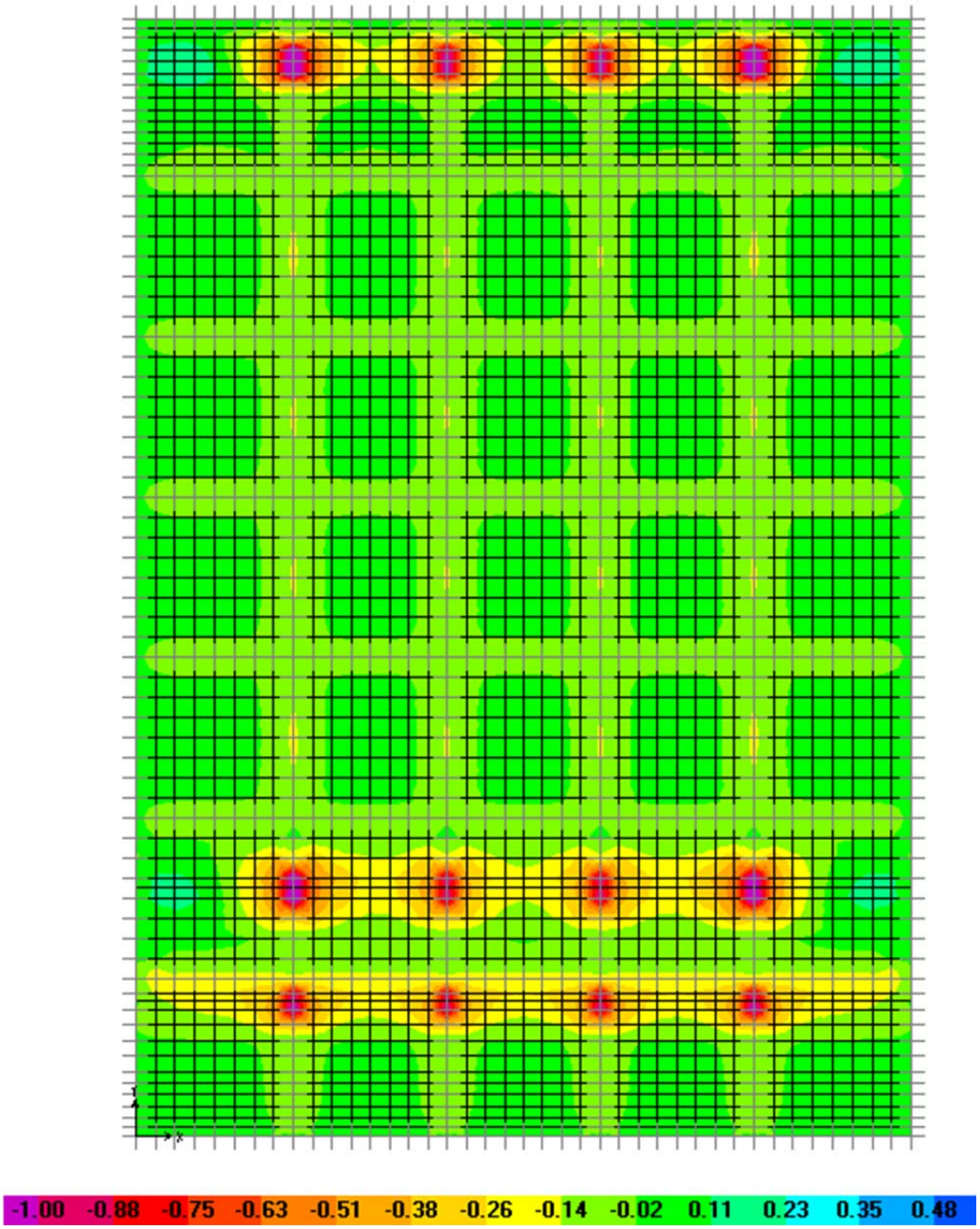


FIGURA 3.24 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLE(FREQ) –MIN M11[KNM/M]

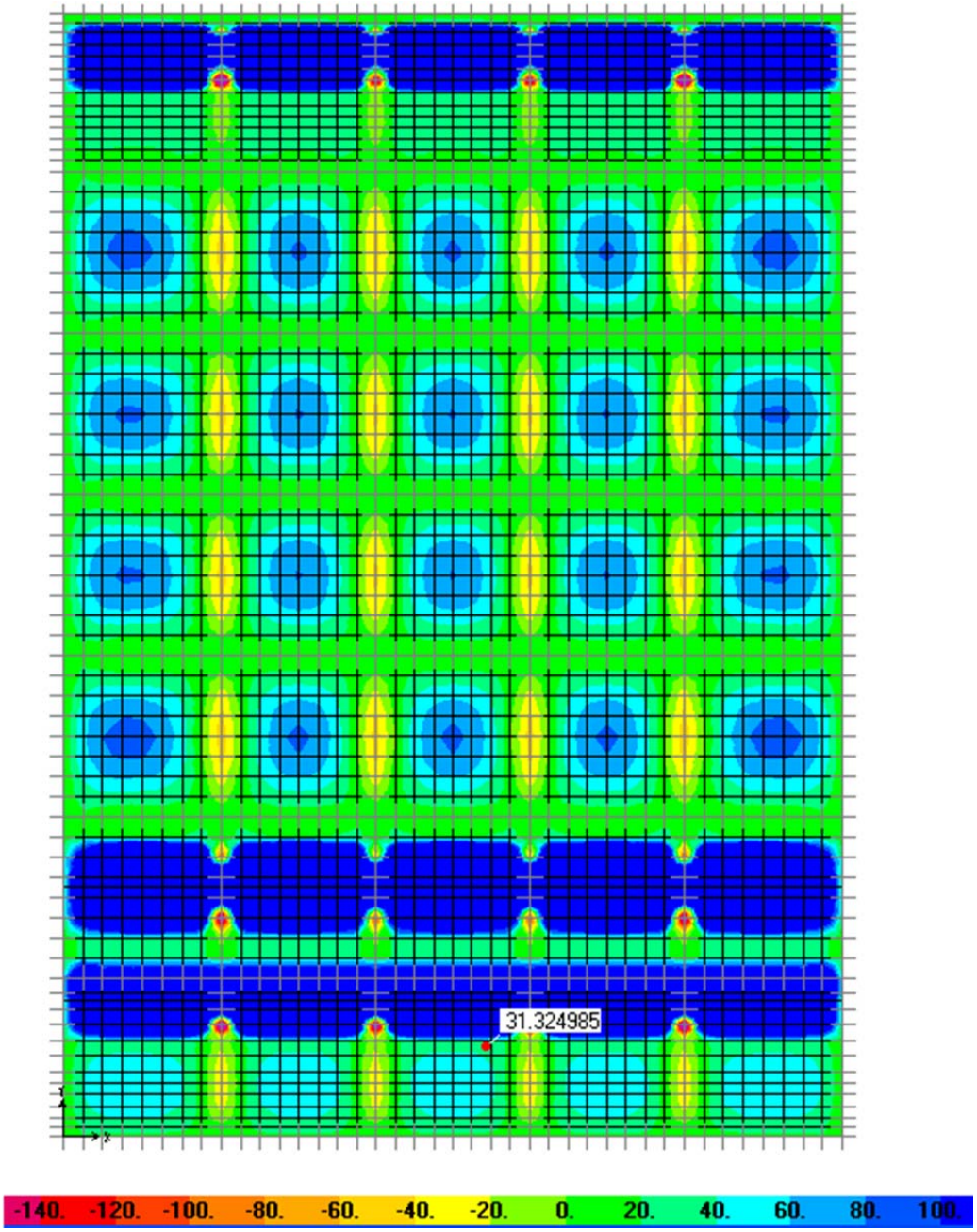


FIGURA 3.25 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLE(FREQ) –MAX M11[KNM/M]

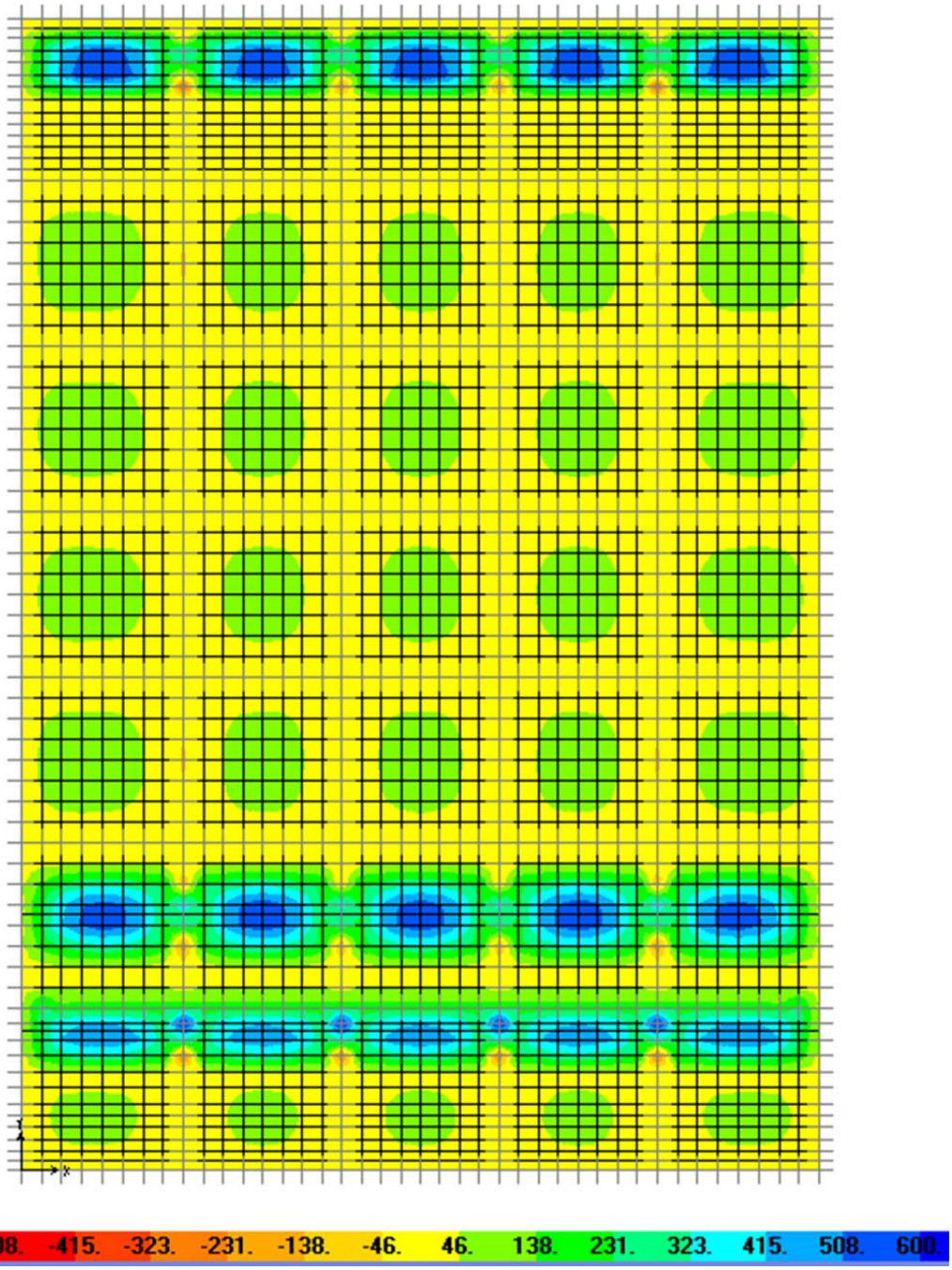


FIGURA 3.26 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q1-Q7 – INVILUPPO SLE(FREQ) –MAX M11[KNM/M]

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto			
	Msd		B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup	σ_c	σ_s
		[kNm]	[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	[MPa]	[MPa]
Soletta sul cassone Celle da 1 a 29 intorno a Assi M-N-O-P	M+	+85	1.0	0.5	2.5Ø22		2.5Ø22		7.2	7.2	4.5	228
	M-	-170			2.5Ø22		2.5Ø22	2.5Ø22	7.2	7.2	6.8	235
Soletta sul cassone Celle da 1-7/29-35 intorno assi B-C-D-E-F-G	M+	+92	1.0	0.5	2.5Ø22		2.5Ø22		5	5	4.4	234
	M-	-180			2.5Ø22		2.5Ø22	2.5Ø22	5	5	6.5	235
Soletta sul cassone Celle da 8 a 28 intorno assi B-C-D-E-F-G	M+	+72	1.0	0.5	2.5Ø22		2.5Ø22		5	5	3.4	183
	M-	-140			2.5Ø22		2.5Ø22	2.5Ø18	5	5	5.4	218
Trave gru RMG Celle 2-9-16-23-30 Intorno assi B-C	M+	+250	1.0	0.5	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	5	5	8.5	326
	M-	-250			2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	5	5	8.5	326
Trave gru RMG senso trasversale	M+	+550	1.0	2.0	Per verifiche orditura trasversale trave gru vedere sotto							
	M-	-780										
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione												

TABELLA 3-3 - SOVRASTRUTTURA CASSONI Q1-Q7 - VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLE(COMBINAZIONI RARE)

Di seguito si riportano le verifiche agli Stati Limiti d'Esercizio della trave gru per le combinazioni rare:

Trave gru RMG - Orditura superiore:

M= 780kNm/m x 1.5m=1170 kNm

B=1.50m H=2.00m

H1=1.922m, A1=3164cm^2(7Φ22)

σ_a = 200 N/mm^2 σ_c = 2.7 N/mm^2

Trave gru RMG - Orditura inferiore:

M=550kNm/m x 1.5m=825 kNm

B=1.50m H=2.00m

H1=1.923m A1=2667cm^2(7Φ22)

σ_a = 166 N/mm^2 σ_c = 2.0 N/mm^2

4 VERIFICA SOVRASTRUTTURA SUL CASSONE Q8

Nella figura seguente si riporta la carpenteria della sovrastruttura:

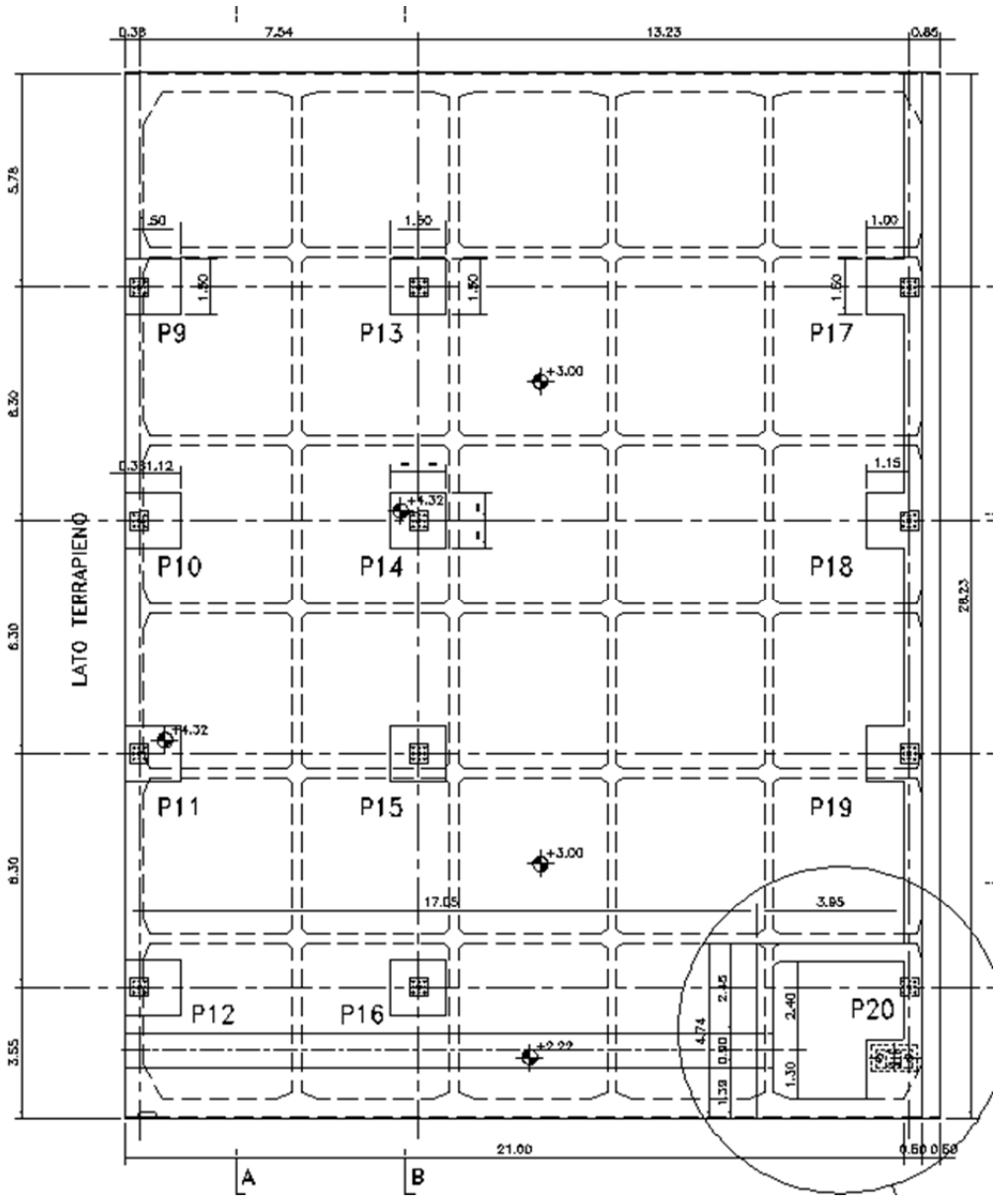


FIGURA 4.1 - CARPENTERIA CONCIO SOVRASTRUTTURA CASSONE Q8 - PIANTA

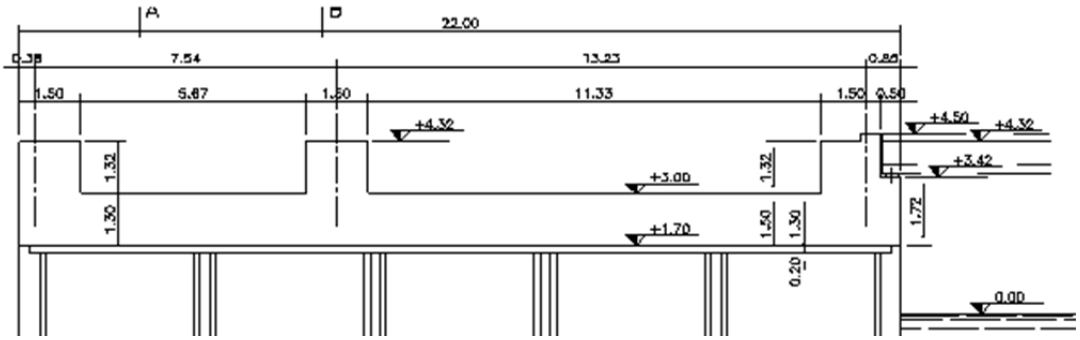


FIGURA 4.2 - CARPENTERIA CONCIO SOVRASTRUTTURA CASSONE Q8 – SEZIONE TRASVERSALE

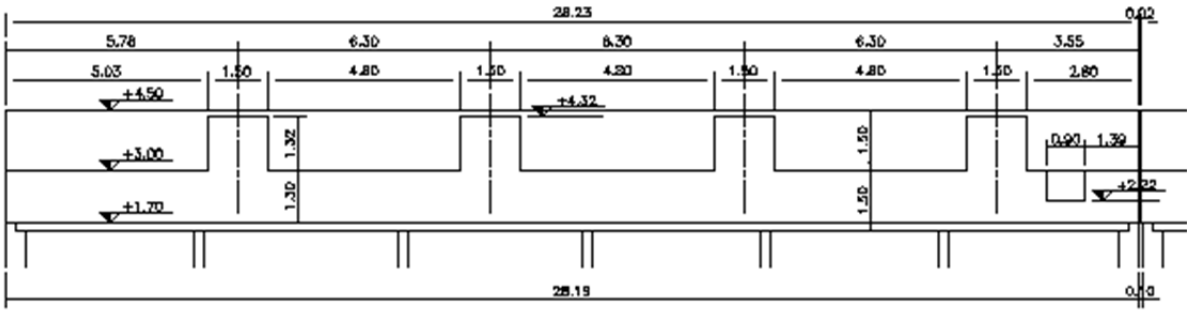


FIGURA 4.3 - CARPENTERIA CONCIO SOVRASTRUTTURA CASSONI Q8 – SEZIONE LONGITUDINALE

Si procede al calcolo della sovrastruttura utilizzando un modello a piastra appoggiata sui setti verticali e soggetto alle azioni di progetto.

Il modello è stato implementato con il codice di calcolo SAP 2000.

Lo spessore della soletta è pari a 1.3m escluso nella zona adiacente al cassone Q7 dove per il passaggio del drenaggio delle acque meteoriche lo spessore si riduce a 0.5m su 1m di larghezza.

Nella figura seguente è rappresentato lo schema statico della sovrastruttura:

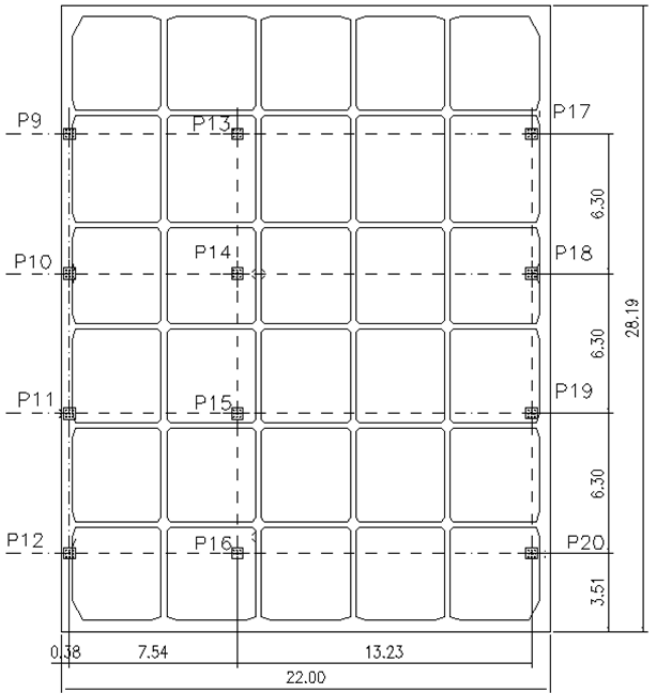


FIGURA 4.4 - POSIZIONE FONDAZIONI EDIFICIO A SU CASSONE Q8

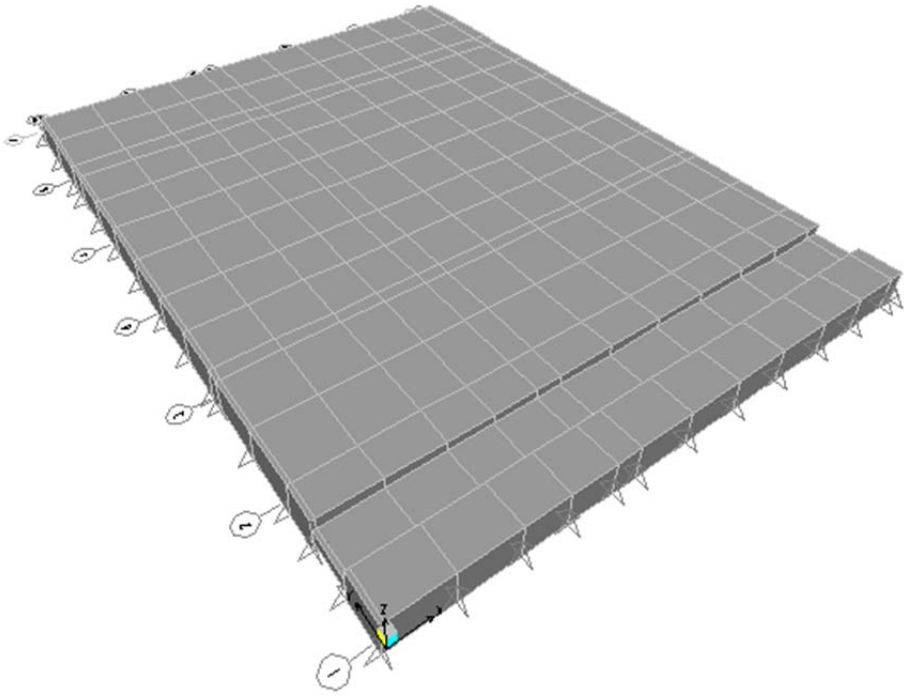


FIGURA 4.5 - SCHEMA STATICO SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8

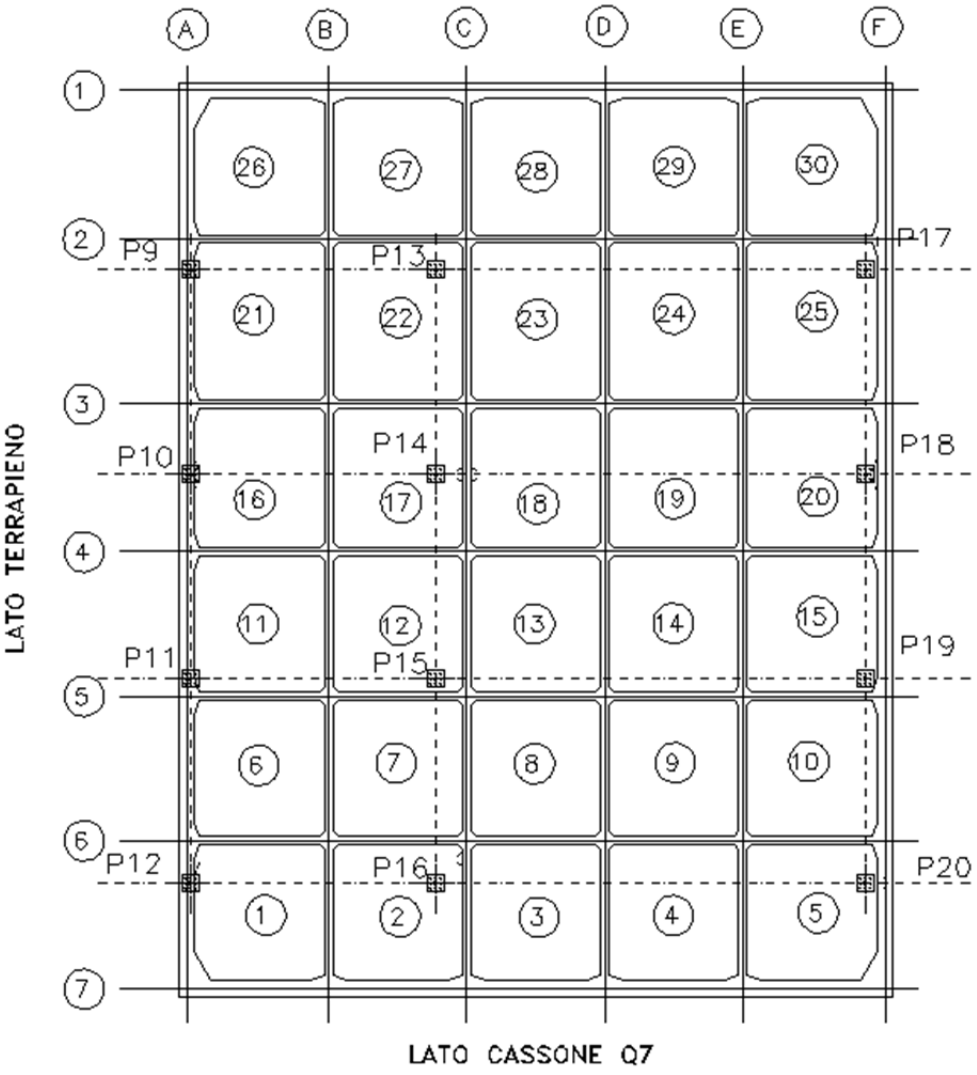


FIGURA 4.6 - SCHEMA IDENTIFICATIVO SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8

4.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Sono state esaminate le seguenti combinazioni di carico. Nella figura di seguito si riportano i carichi verticale per le fasi statici:

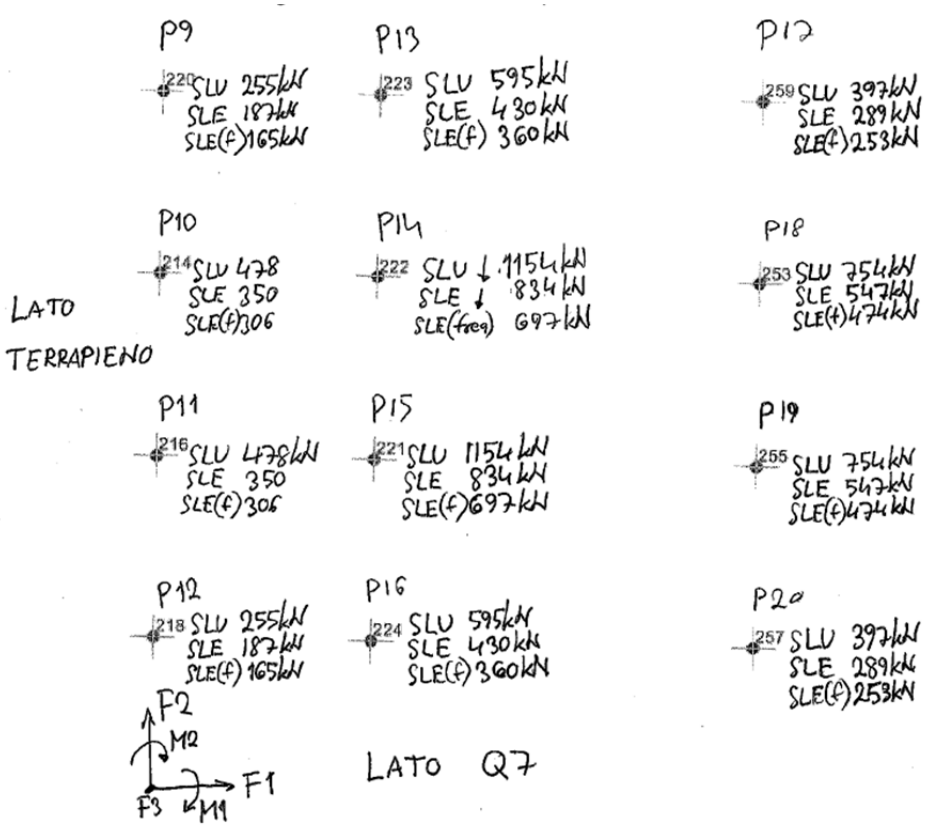


FIGURA 4.7 - CARICHI VERTICALI F3 IN FASE STATICA SU CASSONE Q8

COMBINAZIONI A S.L.U. – Fase di esercizio

Combinazioni

a) 1.3pp+1.5xScG
b) 1.3pp+1.5dT(+)+1.5x1.0xScG
c) 1.3pp+1.5dT(-)+1.5x1.0xScG

Dove:

– pp - peso proprio (azione permanente)
– ScG - sovraccarico gravante (azione variabile)

– dT - delta temperatura

Essendo presenti giunti di 2cm fra i conci di sovrastruttura non si è preso in considerazione l'effetto termico di allungamento/accorciamento. Infatti l'allungamento della sovrastruttura nel senso della larghezza di 32m è pari a:

$\Delta l = 5x(10x10^{-6})x22=0.0016m=2mm$

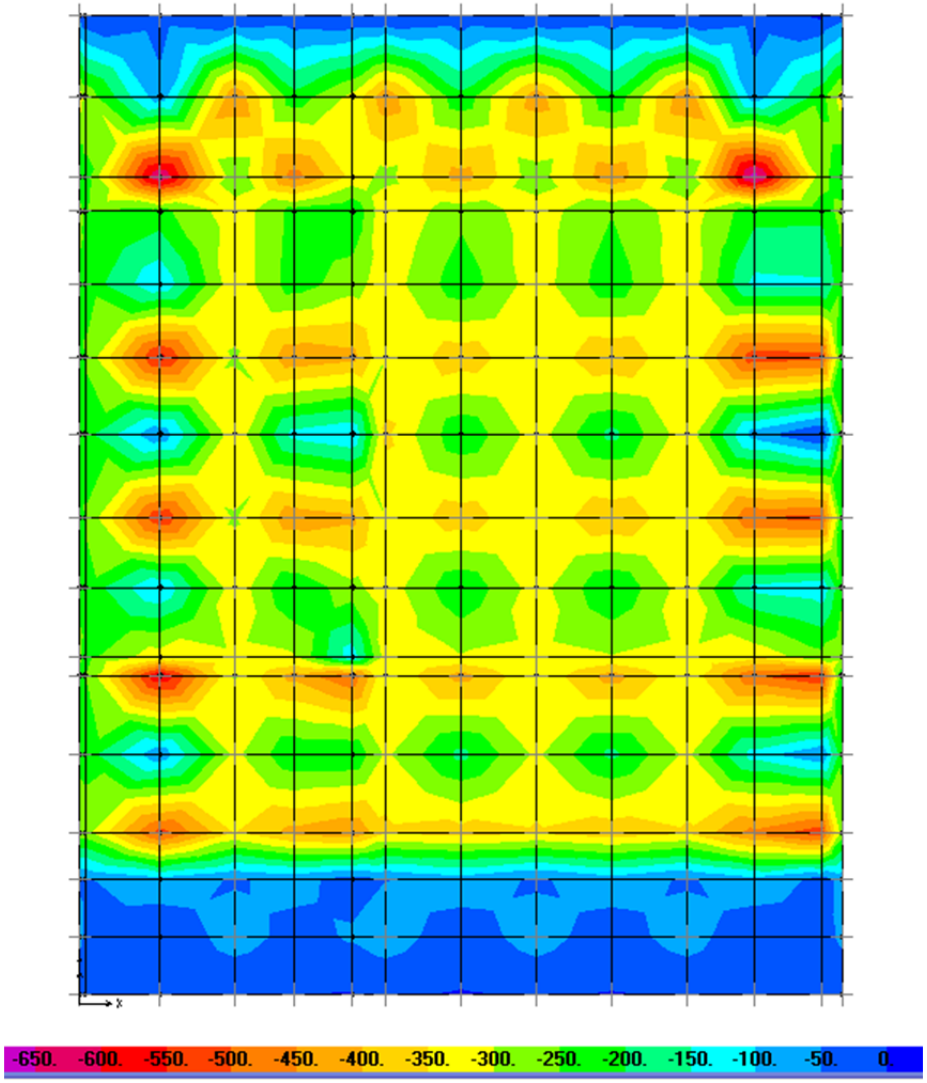


FIGURA 4.8 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLU –MIN M22[KNM/M]

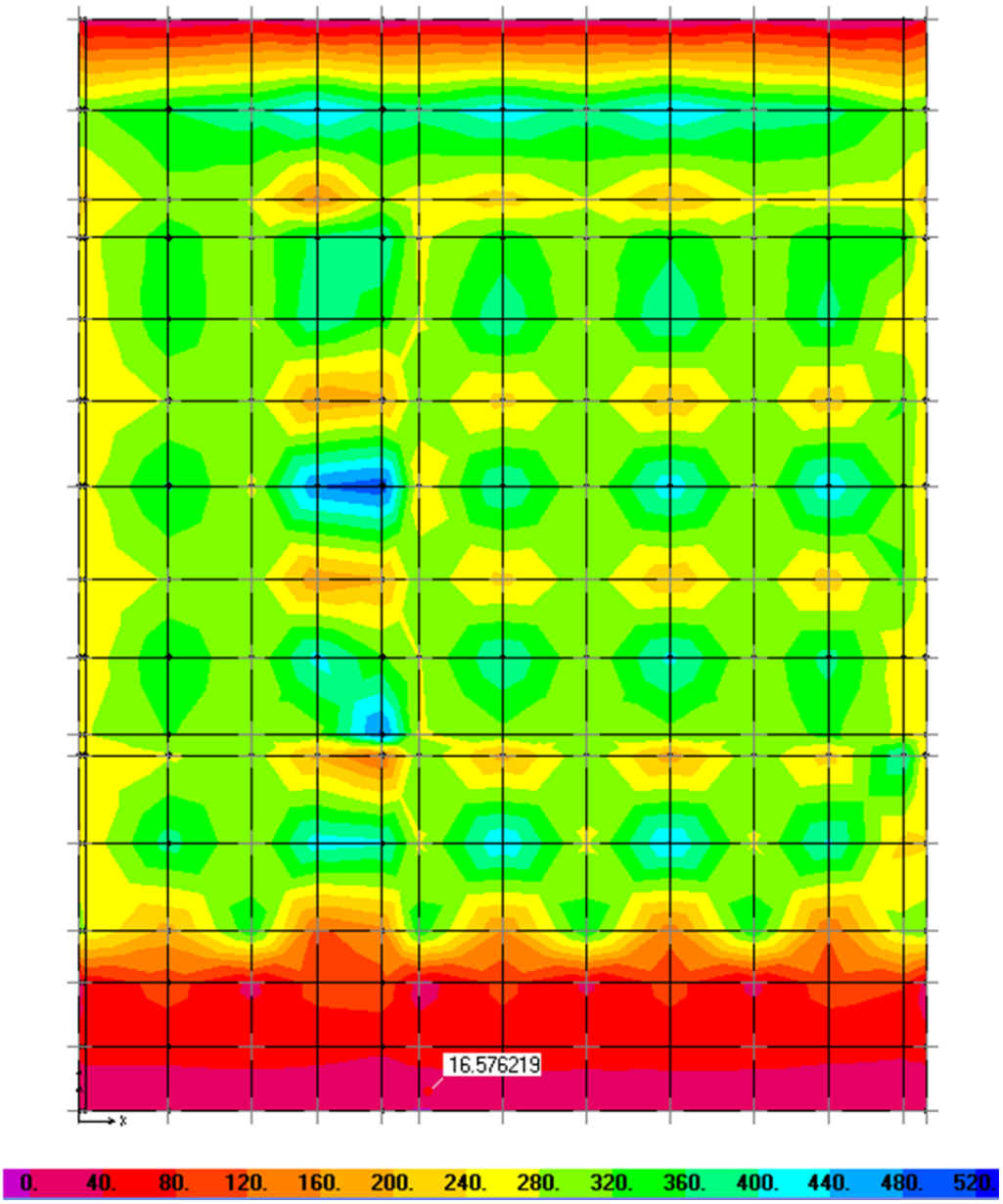


FIGURA 4.9 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLU –MAX M22[KNM/M]

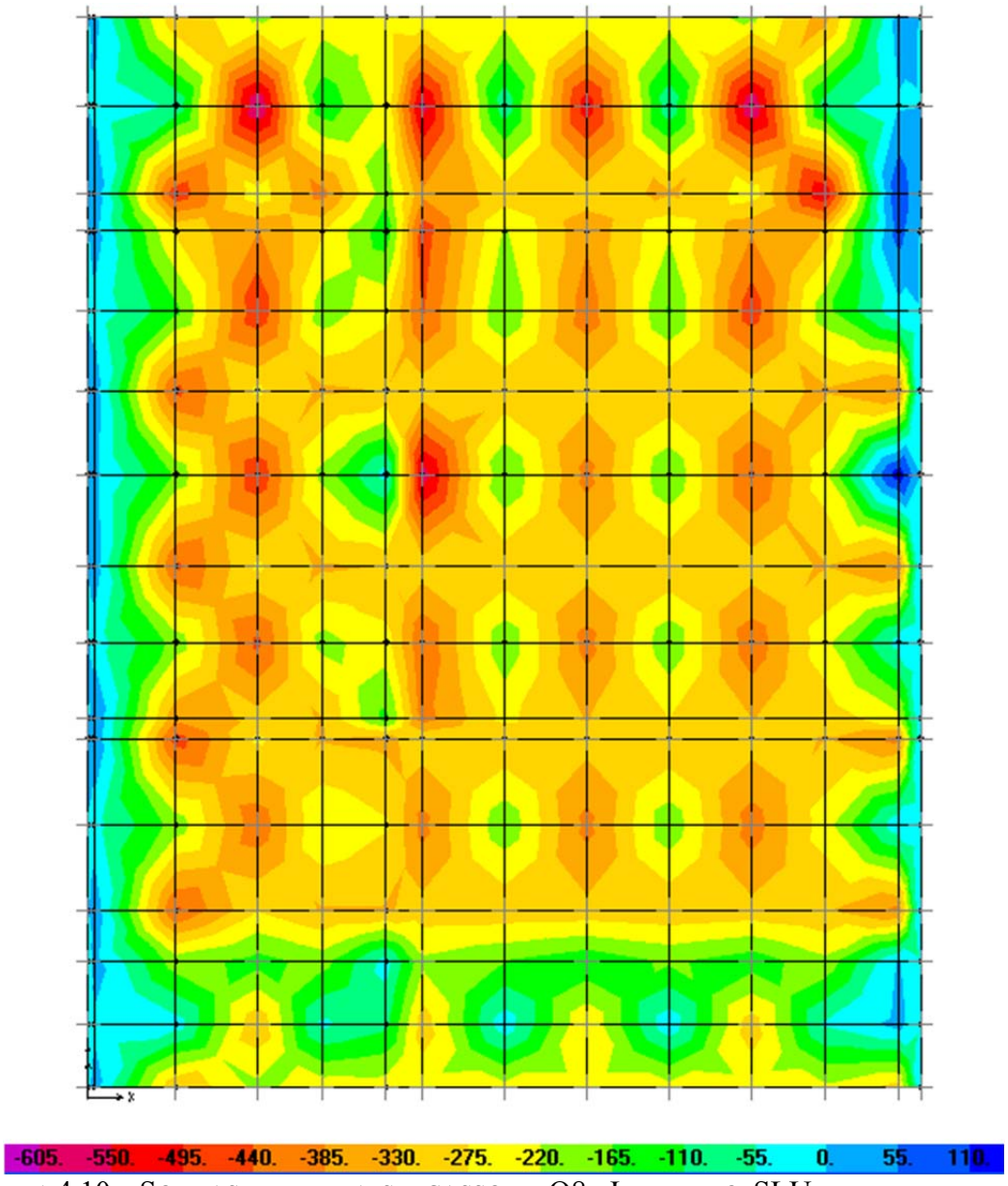


FIGURA 4.10 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLU –MIN M11[KNM/M]

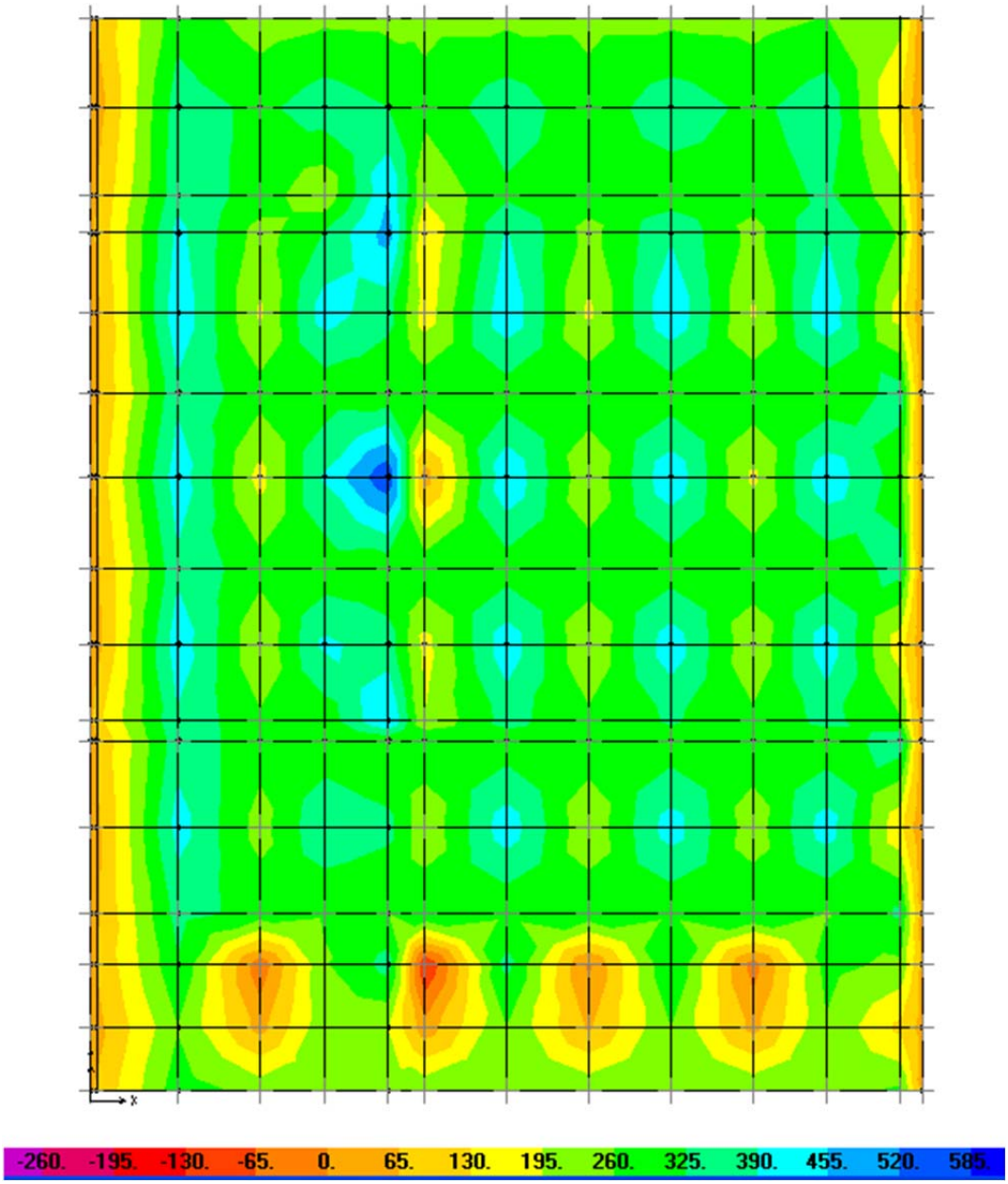


FIGURA 4.11 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLU –MAX M11[KNM/M]

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto		Momento Resist.	FS
	Msd		B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup		
		[kNm]	[m]	[m]	Tipo1	Tipo2	Tipo1	Tipo2	[cm]	[cm]	Mrd	Mrd/ Msd
Soletta sul cassone Celle da 6-11-16-21-26 intorno a Assi 6-5-4-3-2	M+	+350	1.0	1.3	2.5Ø20		2.5Ø20		5	5	+385	1.10
	M-	-580			2.5Ø20		2.5Ø20	2.5Ø18	5	5	-685	1.18
Soletta sul cassone Celle da 10-15-20-25-30 intorno assi 6-5-4-3-2	M+	+350	1.0	1.3	2.5Ø20		2.5Ø20		5	5	+385	1.10
	M-	-520			2.5Ø20		2.5Ø20	2.5Ø18	5	5	-685	1.31
Soletta cass. cella 1 e 5	M+	+65	1.0	0.5	2.5Ø20		2.5Ø20		5	5	+144	2.22
Soletta sul cassone Celle da 7-8-9/12-13-14/17-18-19/22-23-24/27-28-29 int. a Assi 6-5-4-3-2	M+	+380	1.0	1.3	2.5Ø20		2.5Ø20		5	5	+385	1.01
	M-	-450			2.5Ø20		2.5Ø22		5	5	-462	1.03
Soletta sul cassone Cella 2-3-4 (M22)	M+	+85	1.0	0.5	2.5Ø20		2.5Ø20		5	5	+144	1.69
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione												

TABELLA 4-1 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q8 – VERIFICHE SLU- M22

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto		Momento Resist.	FS
	Msd		B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup		
		[kNm]	[m]	[m]	Tipo1	Tipo2	Tipo1	Tipo2	[cm]	[cm]	Mrd	Mrd/ Msd
Soletta sul cassone Celle da 1 a 5 intorno a Assi B-C-D-E	M+	+290	1.0	0.5	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	7	7	+308	1.06
	M-	-290			2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22			-308	1.06
Soletta sul cassone Celle da 6 a 15 intorno a Assi B-C-D-E	M+	+390	1.0	1.3	2.5Ø22		2.5Ø22		7	7.2	+468	1.20
	M-	-400			2.5Ø22		2.5Ø22				-468	1.17
Soletta sul cassone Cella da 16 a 30	M+	+480	1.0	1.3	2.5Ø24		2.5Ø24		7	7.2	+552	1.15
	M-	-500			2.5Ø24		2.5Ø24				-552	1.10
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione												

TABELLA 4-2 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONI Q8 – VERIFICHE SLU- M11

Combinazioni Azioni sismiche

Nella tabella di seguito si riportano le sollecitazioni trasmesse in fase sismica dai vari pilastri.

TABLE: Joint Reactions							
Joint			F1	F2	F3	M1	M2
			[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
214	SLV_X	Max	63.9	14.7	298.7	61.1	264.6
216	SLV_X	Max	63.9	14.7	298.7	61.1	264.6
218	SLV_X	Max	68.4	14.7	161.6	61.1	279.5
220	SLV_X	Max	68.4	14.7	161.6	61.1	279.5
221	SLV_X	Max	47.1	13.6	675.7	62.5	215.9
222	SLV_X	Max	47.1	13.6	675.7	62.5	215.9
223	SLV_X	Max	50.6	13.6	351.4	62.5	228.3
224	SLV_X	Max	50.6	13.6	351.4	62.5	228.3
253	SLV_X	Max	30.8	12.1	460.4	64.0	163.0
255	SLV_X	Max	30.8	12.1	460.4	64.0	163.0
257	SLV_X	Max	33.2	12.1	245.8	64.0	172.4
259	SLV_X	Max	33.2	12.1	245.8	64.0	172.4

TABELLA 4-3 - CARICHI INVILUPPO SLY_X_MAX SU CASSONE Q8

TABLE: Joint Reactions							
Joint			F1	F2	F3	M1	M2
			[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
214	SLV_X	Min	- 63.9	- 14.7	298.7	- 61.1	- 264.6
216	SLV_X	Min	- 63.9	- 14.7	298.7	- 61.1	- 264.6
218	SLV_X	Min	- 68.4	- 14.7	161.6	- 61.1	- 279.5
220	SLV_X	Min	- 68.4	- 14.7	161.6	- 61.1	- 279.5
221	SLV_X	Min	- 47.1	- 13.6	675.7	- 62.5	- 215.9
222	SLV_X	Min	- 47.1	- 13.6	675.7	- 62.5	- 215.9
223	SLV_X	Min	- 50.6	- 13.6	351.4	- 62.5	- 228.3
224	SLV_X	Min	- 50.6	- 13.6	351.4	- 62.5	- 228.3
253	SLV_X	Min	- 30.8	- 12.1	460.4	- 64.0	- 163.0
255	SLV_X	Min	- 30.8	- 12.1	460.4	- 64.0	- 163.0
257	SLV_X	Min	- 33.2	- 12.1	245.8	- 64.0	- 172.4
259	SLV_X	Min	- 33.2	- 12.1	245.8	- 64.0	- 172.4

TABELLA 4-4 - CARICHI INVILUPPO SLY_X_MIN SU CASSONE Q8

TABLE: Joint Reactions							
Joint			F1	F2	F3	M1	M2
			[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
214	SLV_Y	Max	24.6	49.1	298.7	203.6	100.0
216	SLV_Y	Max	24.6	49.1	298.7	203.6	100.0
218	SLV_Y	Max	39.7	49.1	161.6	203.6	149.7
220	SLV_Y	Max	39.7	49.1	161.6	203.6	149.7
221	SLV_Y	Max	18.2	45.3	675.7	208.4	81.8
222	SLV_Y	Max	18.2	45.3	675.7	208.4	81.8
223	SLV_Y	Max	29.9	45.3	351.4	208.4	123.2
224	SLV_Y	Max	29.9	45.3	351.4	208.4	123.2
253	SLV_Y	Max	12.0	40.3	460.4	213.5	61.8
255	SLV_Y	Max	12.0	40.3	460.4	213.5	61.8
257	SLV_Y	Max	19.7	40.3	245.8	213.5	93.3
259	SLV_Y	Max	19.7	40.3	245.8	213.5	93.3

TABELLA 4-5 - CARICHI INVILUPPO SLY_Y_MAX SU CASSONE Q8

TABLE: Joint Reactions							
Joint			F1	F2	F3	M1	M2
			[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
214	SLV_Y	Min	-24.6	-49.1	298.7	-203.6	-100.0
216	SLV_Y	Min	-24.6	-49.1	298.7	-203.6	-100.0
218	SLV_Y	Min	-39.7	-49.1	161.6	-203.6	-149.7
220	SLV_Y	Min	-39.7	-49.1	161.6	-203.6	-149.7
221	SLV_Y	Min	-18.2	-45.3	675.7	-208.4	-81.8
222	SLV_Y	Min	-18.2	-45.3	675.7	-208.4	-81.8
223	SLV_Y	Min	-29.9	-45.3	351.4	-208.4	-123.2
224	SLV_Y	Min	-29.9	-45.3	351.4	-208.4	-123.2
253	SLV_Y	Min	-12.0	-40.3	460.4	-213.5	-61.8
255	SLV_Y	Min	-12.0	-40.3	460.4	-213.5	-61.8
257	SLV_Y	Min	-19.7	-40.3	245.8	-213.5	-93.3
259	SLV_Y	Min	-19.7	-40.3	245.8	-213.5	-93.3

TABELLA 4-6 - CARICHI INVILUPPO SLY_Y_MIN SU CASSONE Q8

I carichi trasmessi dai pilastri in fase sismica sono combinati con sovraccarico gravante moltiplicato per 0.8.

Combinazioni Azioni sismici

a) 1.0pp+EQ(SLV_X_min)+0.8xScG
b) 1.0pp+EQ(SLV_X_max)+0.8xScG
c) 1.0pp+EQ(SLV_Y_min)+0.8ScG
d) 1.0pp+EQ(SLV_Y_max)+0.8ScG

Dove:

– pp - peso proprio (azione permanente)

– ScG - sovraccarico gravante (azione variabile)

Le combinazioni più sfavorevoli per quanto riguarda gli stati limite ultimi, azioni sismiche, sono elencate nella seguente tabella. Per senso trasversale si intende il lato con lunghezza 22m.

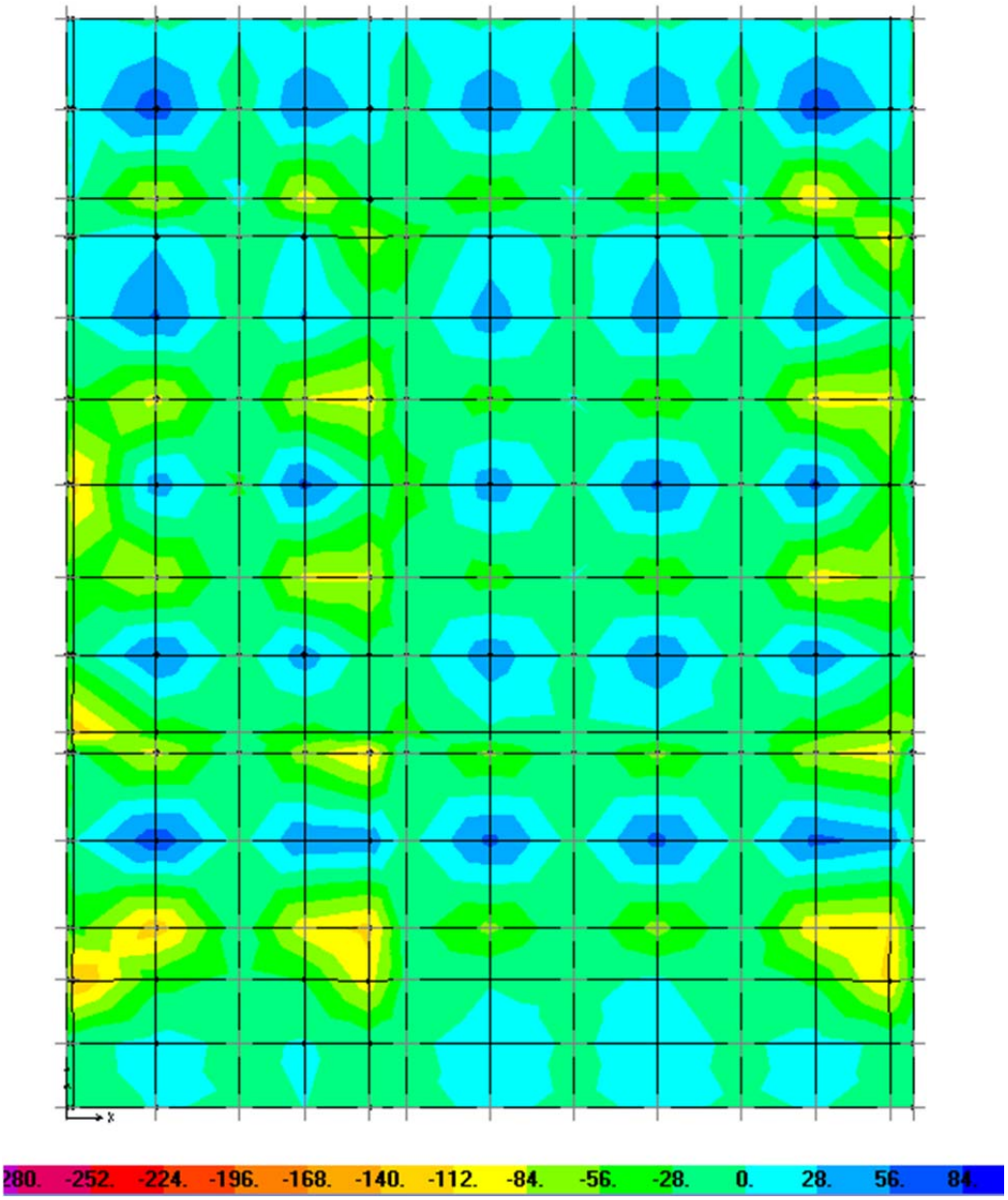


FIGURA 4.12 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLU(SISMA) – MIN M22[KNM/M]

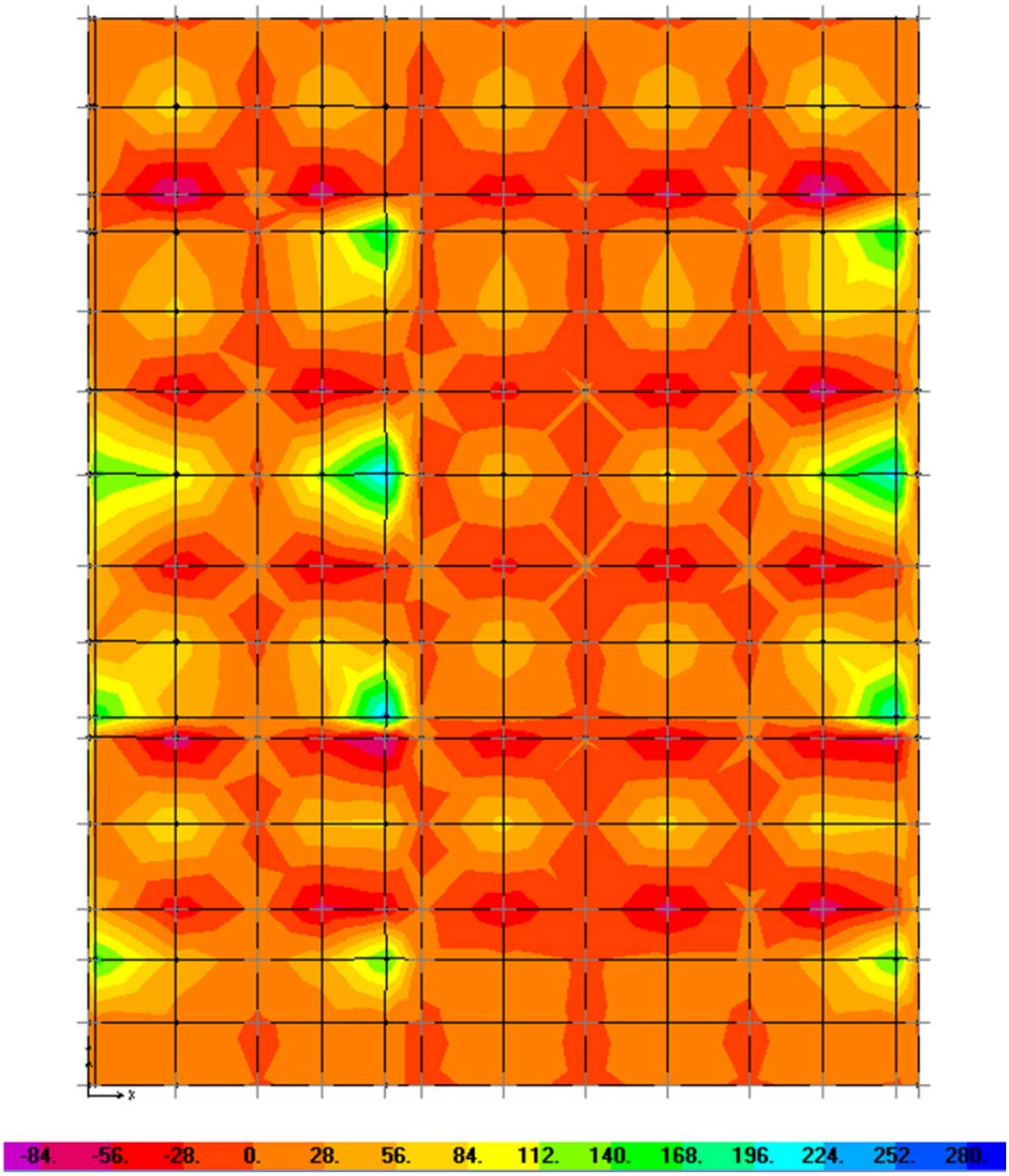


FIGURA 4.13 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLU(SISMA) – MAX M22[KNM/M]

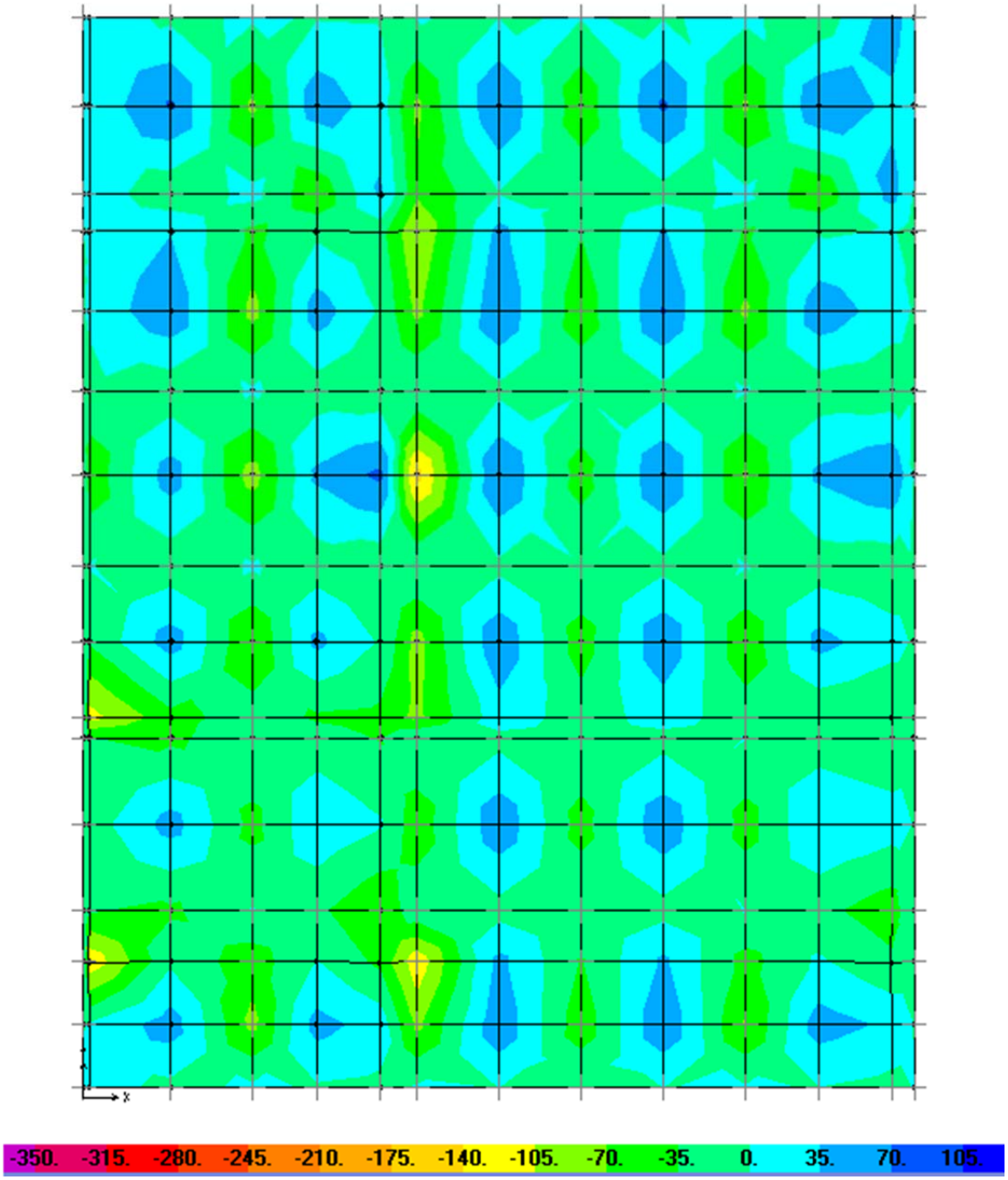


FIGURA 4.14 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLU(SISMA) – MIN M11[KNM/M]

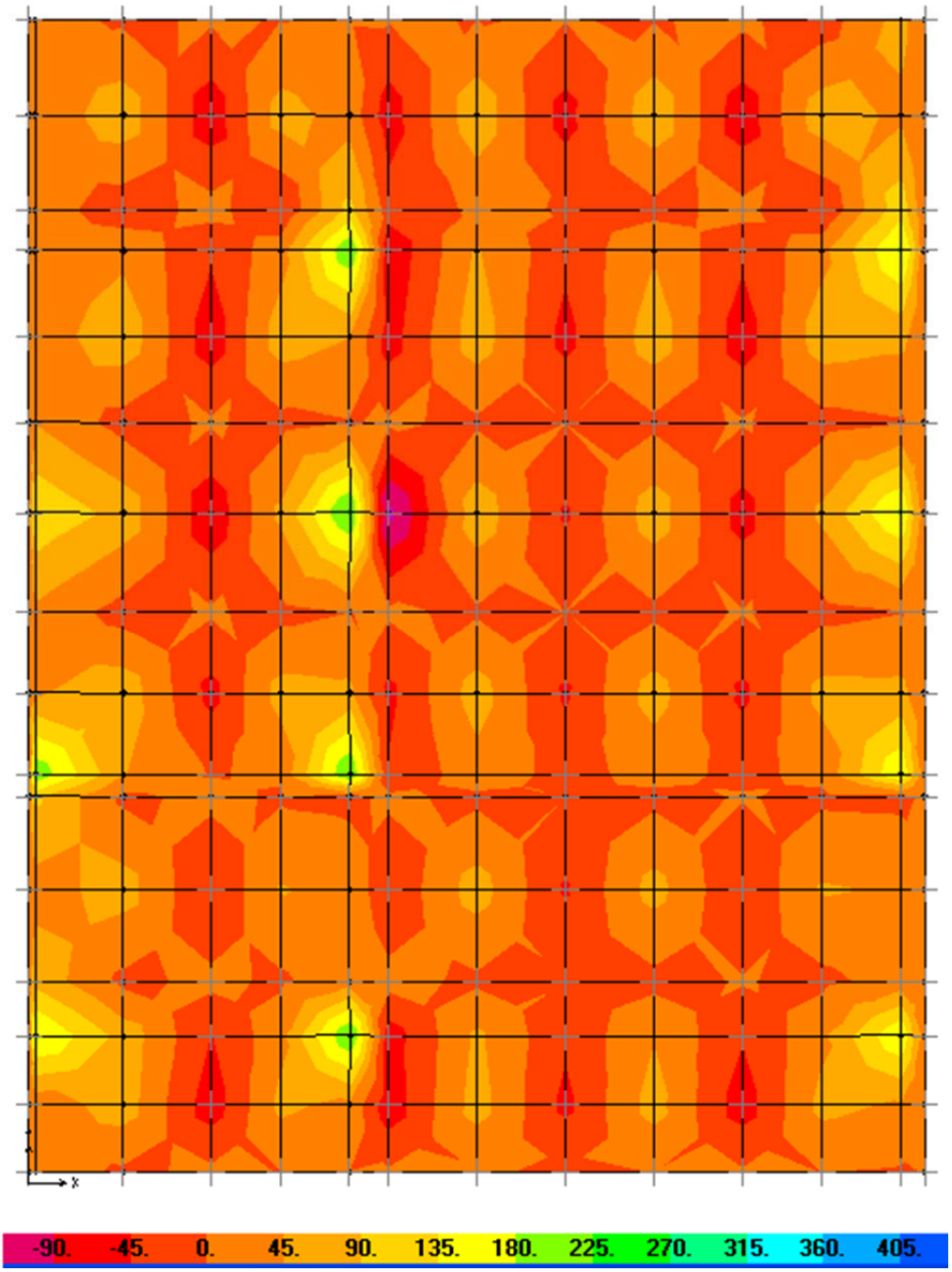


FIGURA 4.15 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLU(SISMA) – MAX M11[KNM/M]

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto		Momento Resist.	FS
	Msd		B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup		
		[kNm]	[m]	[m]	Tipo1	Tipo2	Tipo1	Tipo2	[cm]	[cm]	Mrd	Mrd/ Msd
M22 celle 6-30 – assi 6-5-4-3-2	M+	+200	1.0	1.3	2.5Ø20		2.5Ø20		5	5	+385	1.93
	M-	-120			2.5Ø20		2.5Ø20				-385	3.21
M22 celle 1-5 - assi 6	M+	+100	1.0	0.5	2.5Ø20		2.5Ø20		5	5	+144	1.44
	M-	-50			2.5Ø20		2.5Ø20				-144	2.88
M11 Celle da 7-8-9/12-13-14/17-18-19/22-23-24/27-28-29 int. a Assi B-C-D-E	M+	+160	1.0	1.3	2.5Ø22		2.5Ø22		7	7.2	+468	2.93
	M-	-120			2.5Ø22		2.5Ø22				-468	3.90
M11 Cella 1-5 – assi A-B-C-D-E-F	M+	+150	1.0	0.5	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	7	7	+308	2.05
	M-	-100			2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22			-308	3.08
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione												

TABELLA 4-7 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8 – VERIFICHE SLU(SISMA)

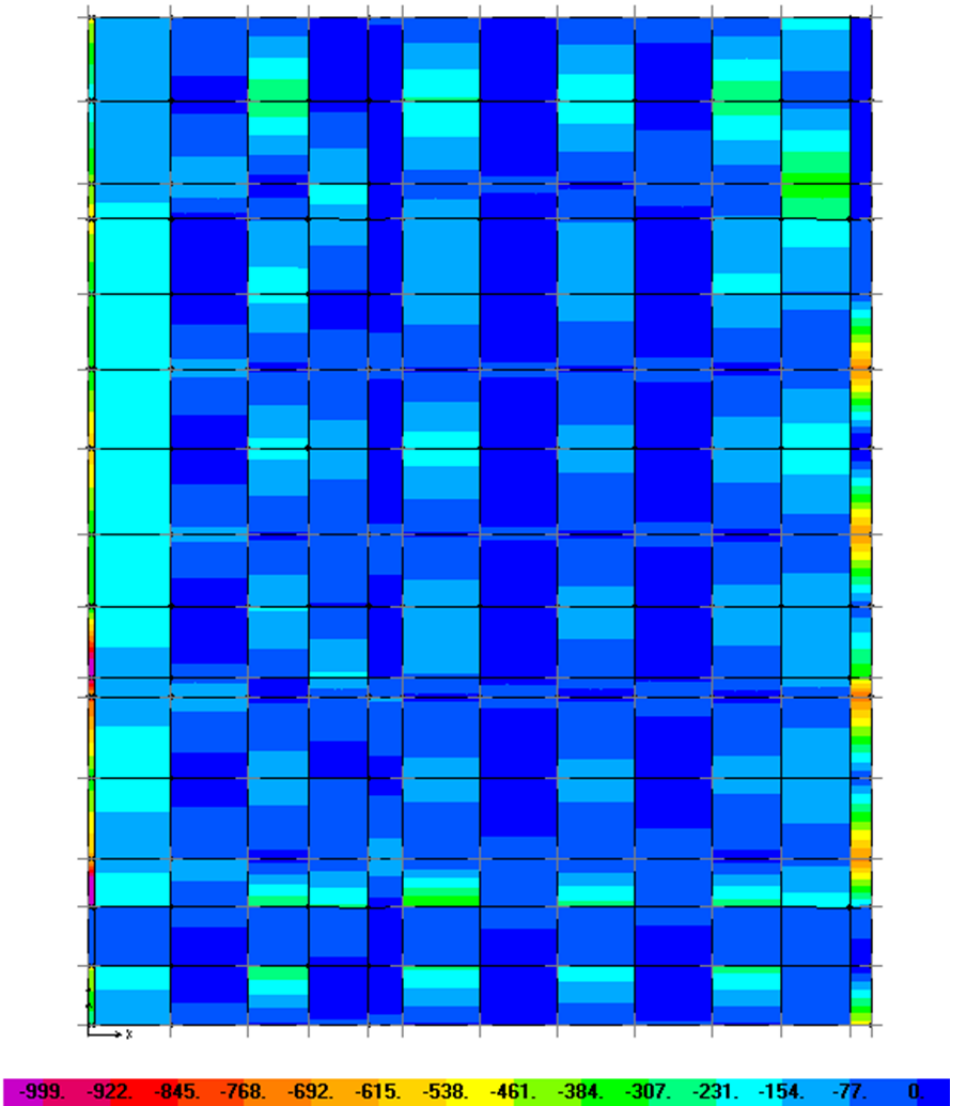


FIGURA 4.16 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLU) – MIN V13[KN/M]

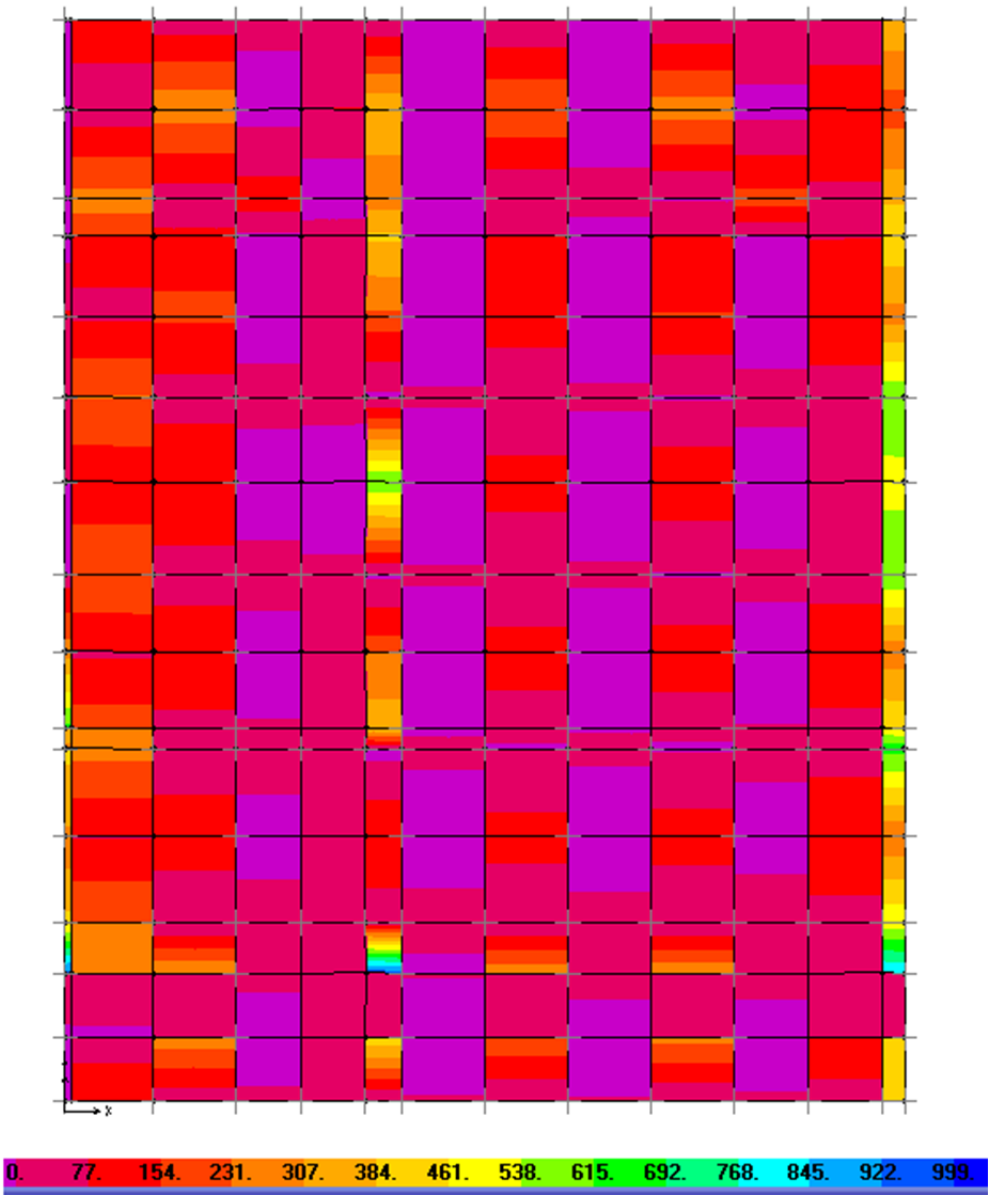


FIGURA 4.17 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLU –MAX V13[KN/M]

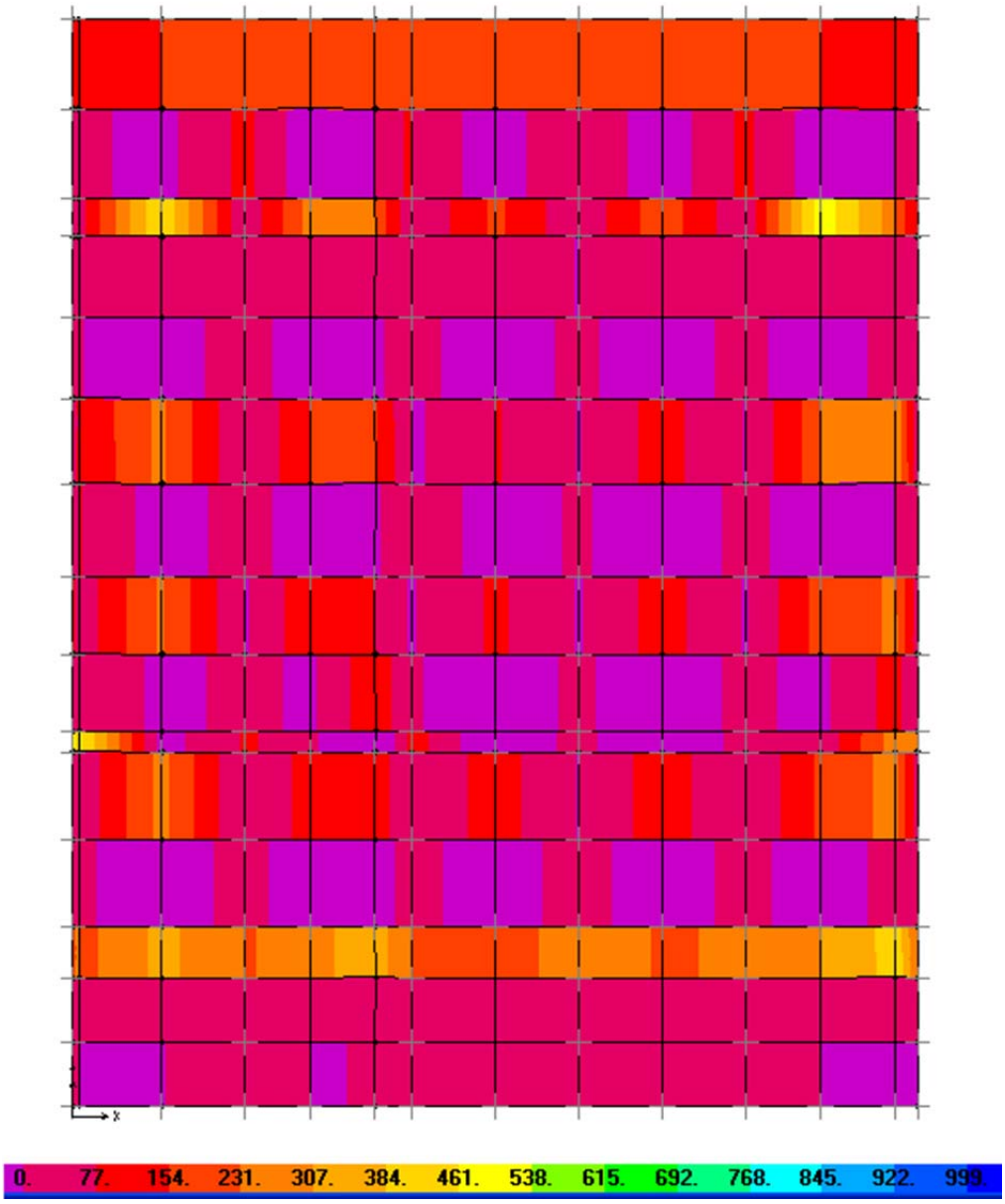


FIGURA 4.18 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLU –MAX V23[KN/M]

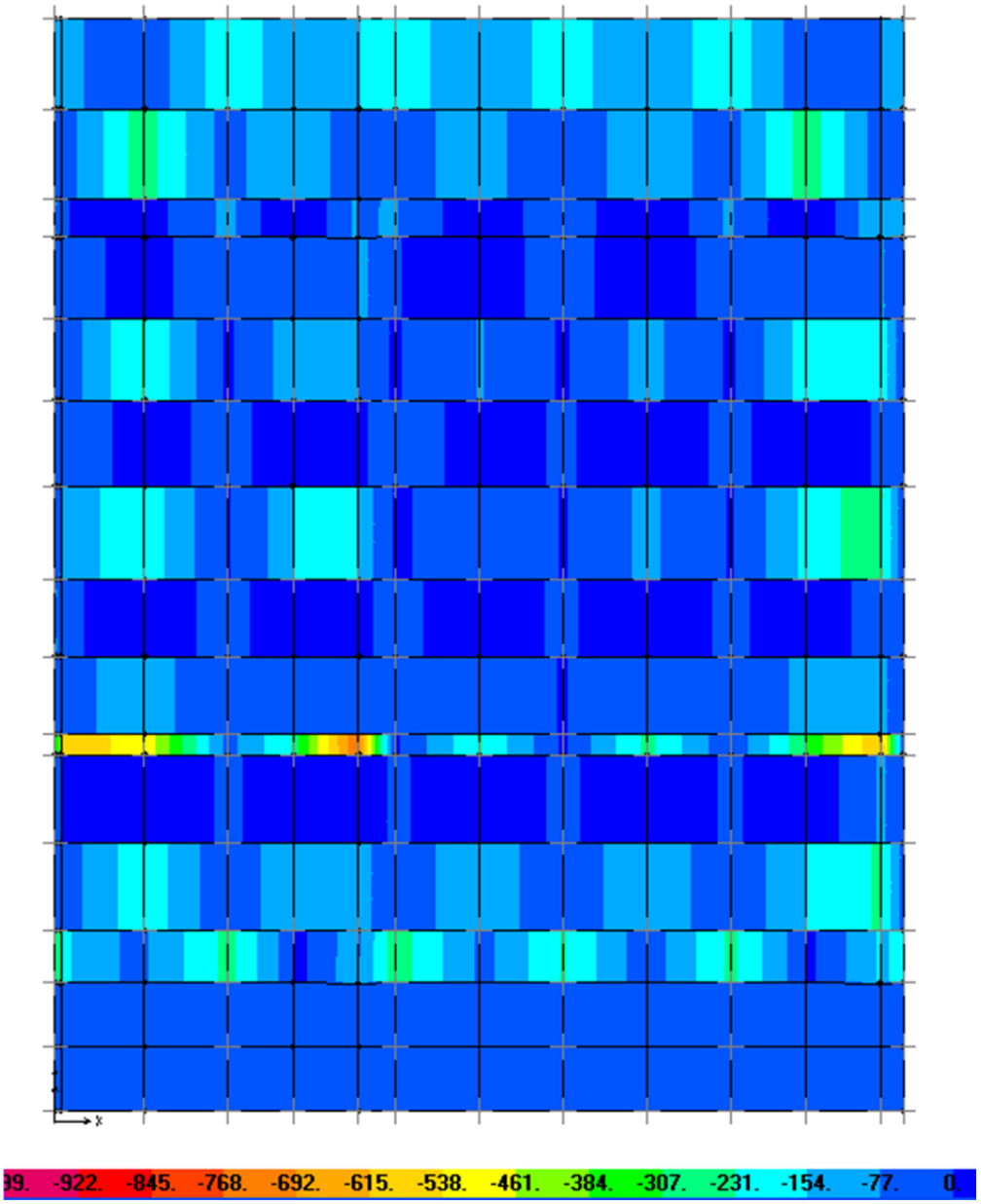


FIGURA 4.19 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLU) – MIN V23[KN/M]

Orditura a taglio

Soletta sp. 50cm: V_{S13}=+600kN/m / -320kN/m (in corrispondenza pilastri)

Soletta sp. 130cm: V_{S13}=+580kN/m / -350kN/m (in corrispondenza pilastri)

Soletta sp. 50cm: V_{S23}=+385kN/m / -200kN/m (in corrispondenza pilastri)

Soletta sp. 130cm: V_{S23}=+450kN/m / -540kN/m (in corrispondenza pilastri)

	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	**VRD**
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]									(kN)	(kN)	**(kN)**
Sol 0.5	0	500	418	785	82	785	0.12	1.69	0.0019	35	19.8	0	0.15	0.46	159	190.44	**190**

In corrispondenza dei pilastri si prevede una staffatura di n°2 fi18mm con un passo di 250mm.

	Orditura a taglio									acciaio	cls	
	p s(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d (mm)	fywd	alfacw	v1	Vrd,s (kN)	Vrd,max (kN)	Vres [kN]
Sol	250	508	2.5	0	1.00	376.2	391.0	1	0.516	747	1,328	747

	H	d1	A1	d2	A2	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	**VRD**
	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]									(kN)	(kN)	**(kN)**
Sol 1.3	1300	1218	785	82	785	0.12	1.41	0.0006	35	19.8	0	0.15	0.34	269	420.11	**420**

In corrispondenza dei pilastri si prevede una staffatura di n°2 fi14mm con un passo di 500mm.

	Orditura a taglio									acciaio	cls	
	p s(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d (mm)	fywd	alfacw	v1	Vrd,s (kN)	Vrd,max (kN)	Vres [kN]
Sol	500	308	2.5	0	1.00	1,096.2	391.0	1	1	660	3,868	660

4.2 Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE) combinazioni frequenti

Combinazioni

a) 1.0pp+0.9xScG
b) 1.0pp+0.5dT(+)+0.8xScG
c) 1.0pp+0.5dT(-)+0.8xScG

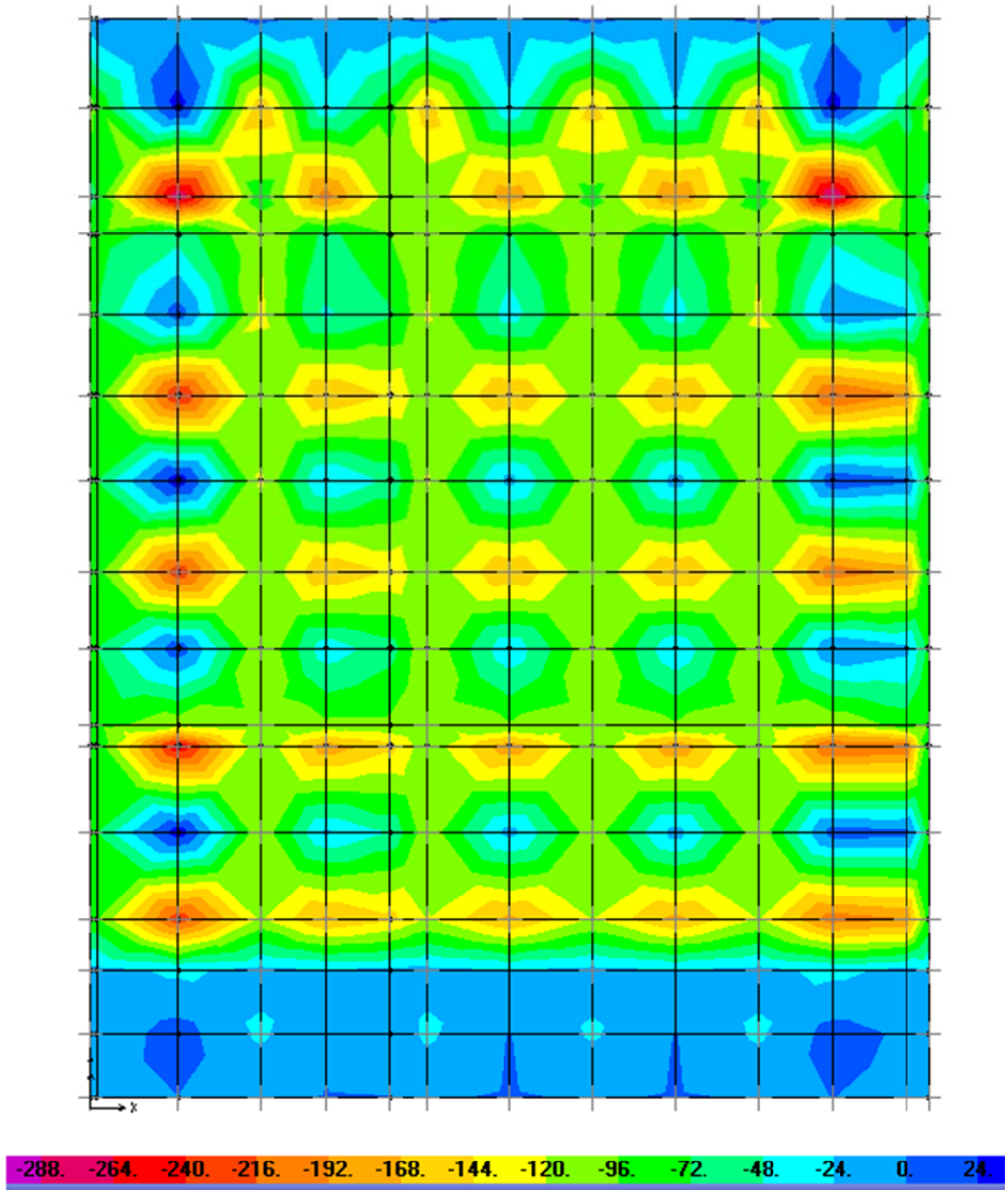


FIGURA 4.20 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLE(FREQ) – MIN M22[KNM/M]

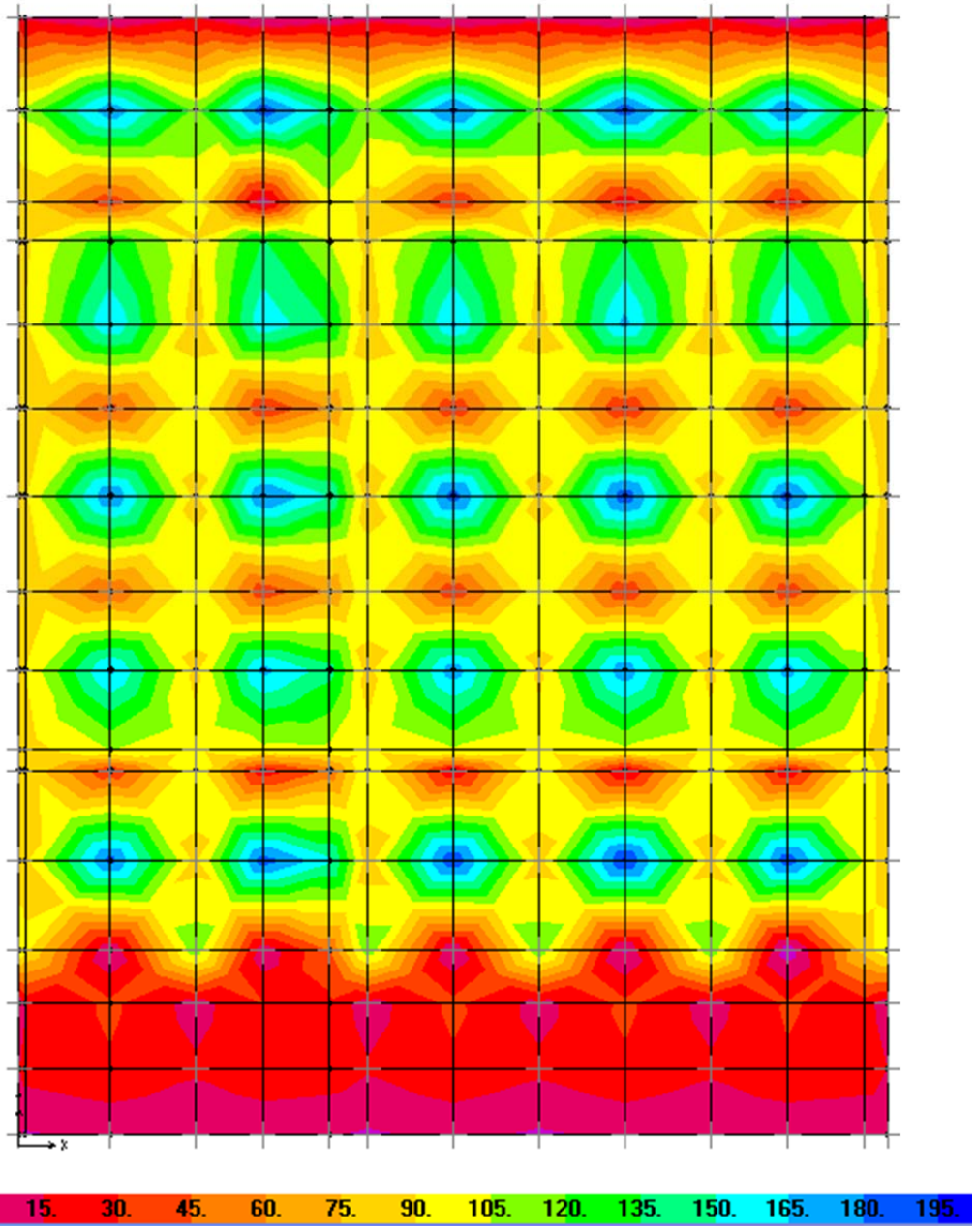


FIGURA 4.21 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLE(FREQ) – MAX M22[KNM/M]

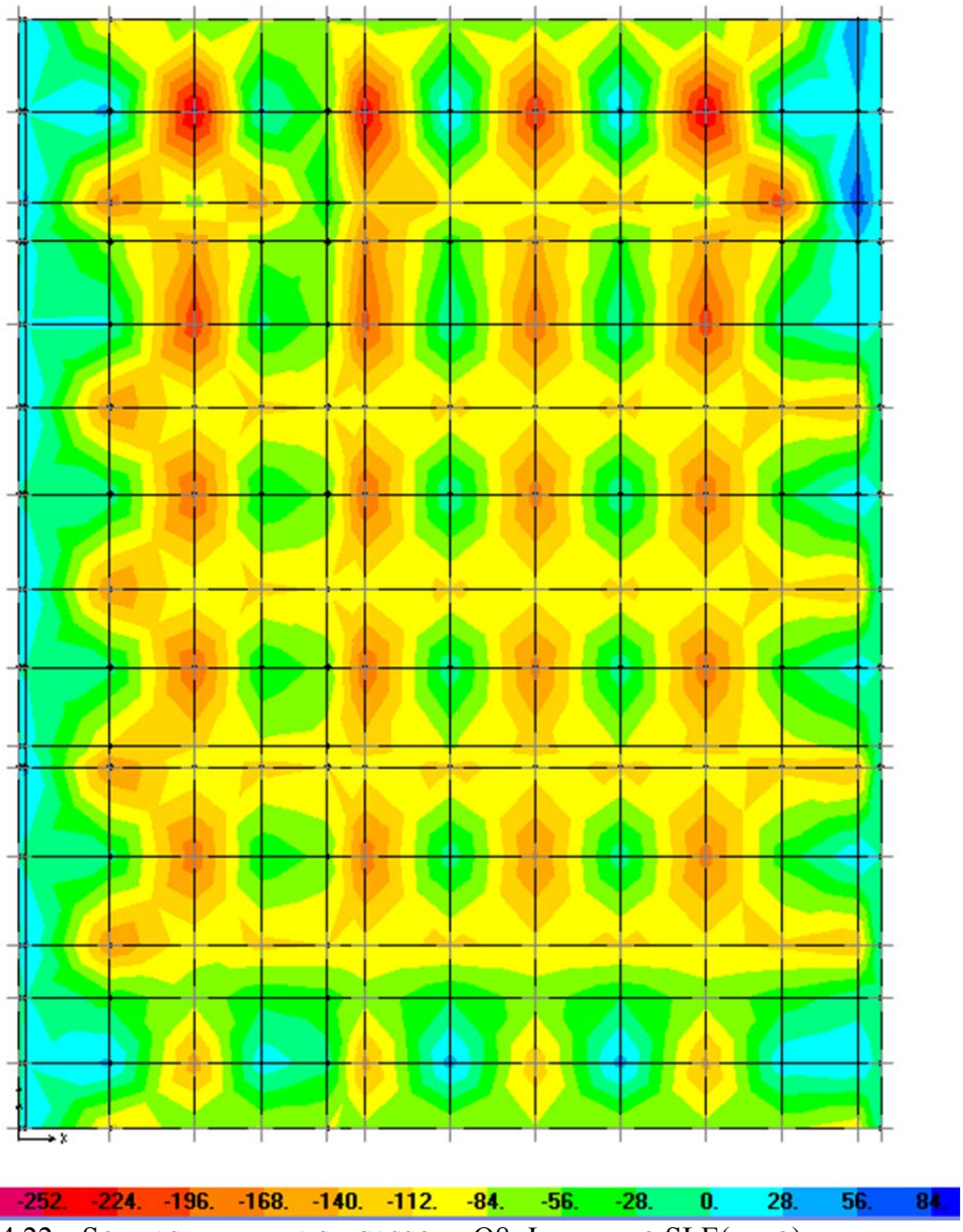


FIGURA 4.22 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLE(FREQ) – MIN M11[KNM/M]

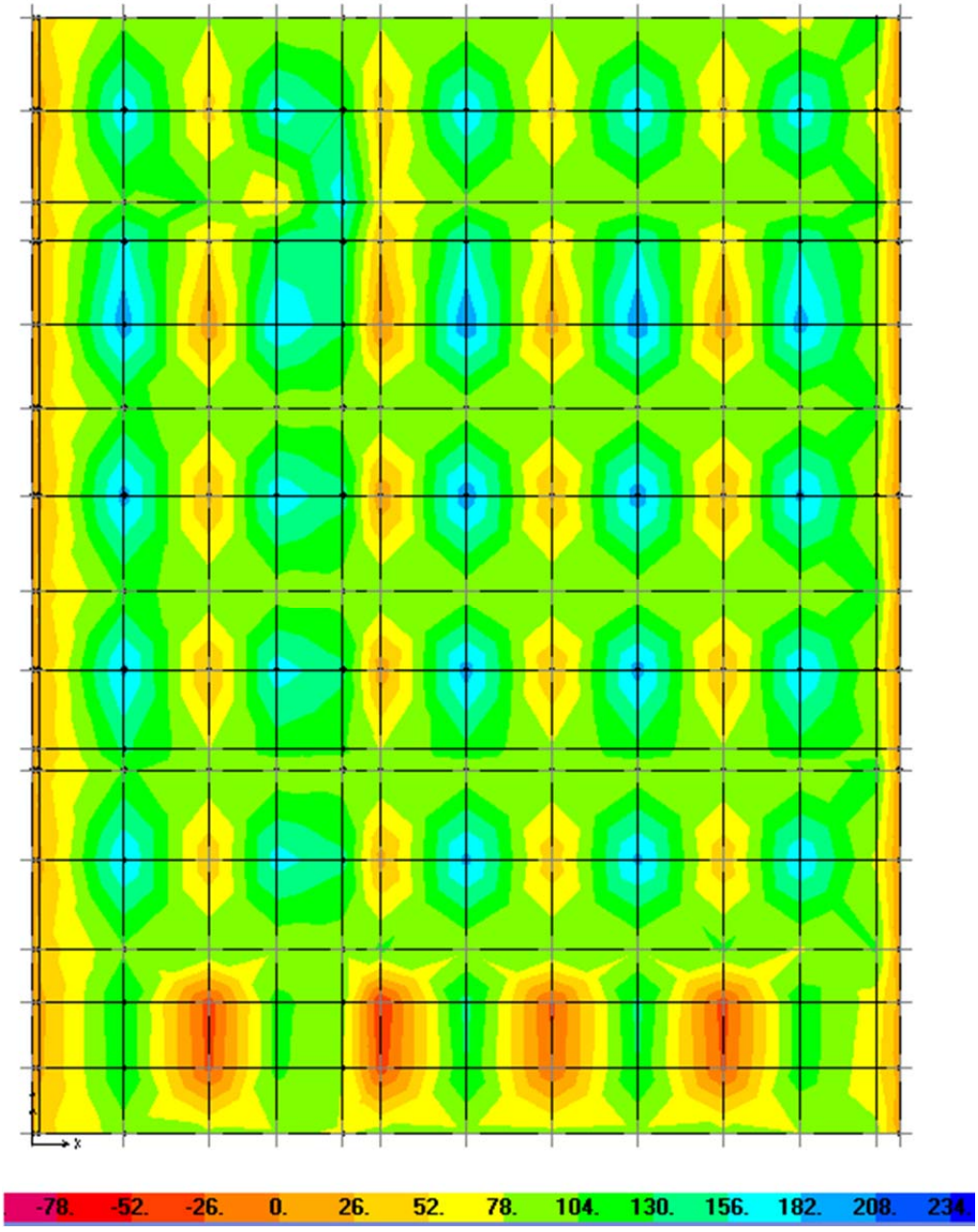


FIGURA 4.23 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLE(FREQ) – MAX M11[KNM/M]

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto		sigma		w
	Msd		B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup	acciaio	cls	
		[kNm]	[m]	[m]	Tipo1	Tipo2	Tipo1	Tipo2	[cm]	[cm]	[N/mm^2]		[mm]
M22 celle 6-30 – assi 6-5-4-3-2	M+	+165	1.0	1.3	2.5Ø20		2.5Ø22		5	5	174	1.7	0.192
	M-	-190			2.5Ø20		2.5Ø22				165	1.8	0.193
M22 celle 1-5 - assi 6	M+	+25	1.0	0.5	2.5Ø20		2.5Ø20		5	5	76	1.3	0.084
	M-	-20			2.5Ø20		2.5Ø20				61	1.0	0.068
M11 Celle da 7-8-9/12-13-14/17-18-19/22-23-24/27-28-29 int. a Assi B-C-D-E	M+	+165	1.0	1.3	2.5Ø22		2.5Ø22		7	7.2	146	1.6	0.198
	M-	-165			2.5Ø22		2.5Ø22				146	1.6	0.198
M11 Cella 1-5 – assi A-B-C-D-E-F	M+	+115	1.0	0.5	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	7	7	159	4.4	0.152
	M-	-130			2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22			179	5.0	0.171
M11 Celle 27-28-29– assi A-B-C-D-E-F	M+	+165	1.0	1.3	2.5Ø22		2.5Ø22		7	7.2	146	1.6	0.198
	M-	-200			2.5Ø22		2.5Ø22	2.5Ø14			127	1.6	0.157
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione													

TABELLA 4-8 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8 – VERIFICHE SLE(COMBINAZIONI FREQUENTE)

4.3 Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE) combinazioni rare

Combinazioni

a) 1.0pp+1.0xScG
b) 1.0pp+0.7dT(+)+1.0xScG
c) 1.0pp+0.7dT(-)+1.0xScG

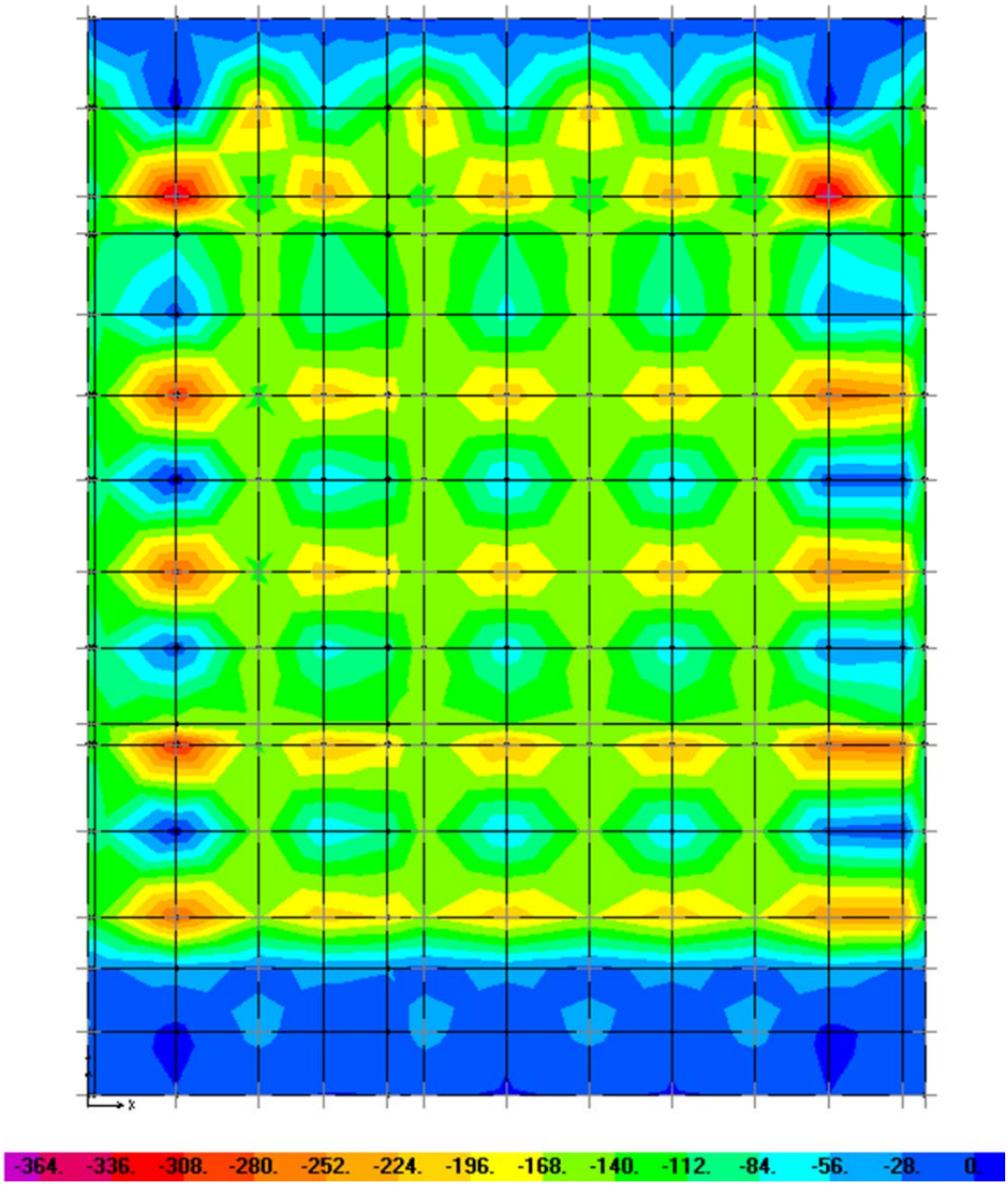


FIGURA 4.24 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLE(RARE) – MIN M22[KNM/M]

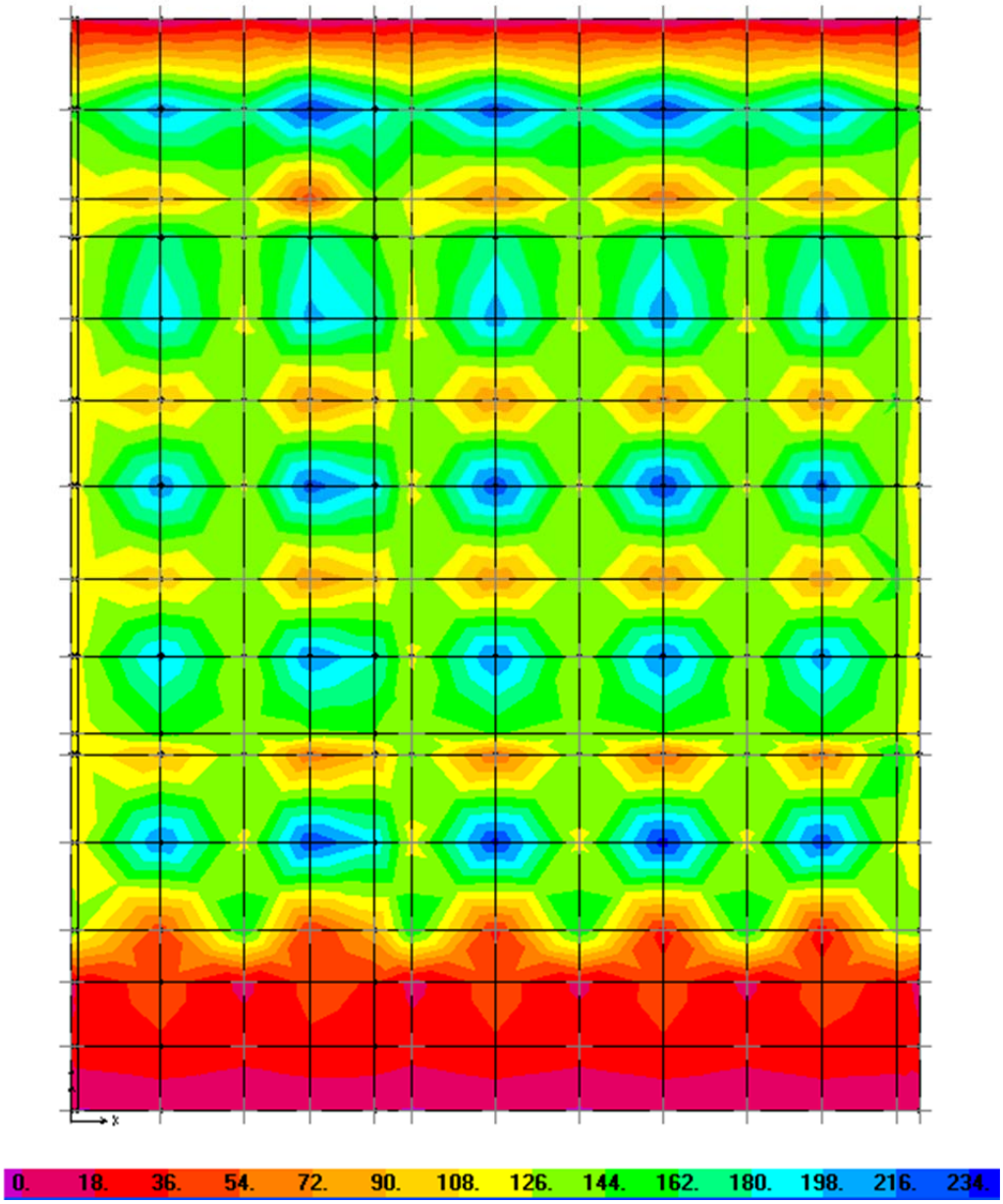


FIGURA 4.25 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLE(RARE) – MAX M22[KNM/M]

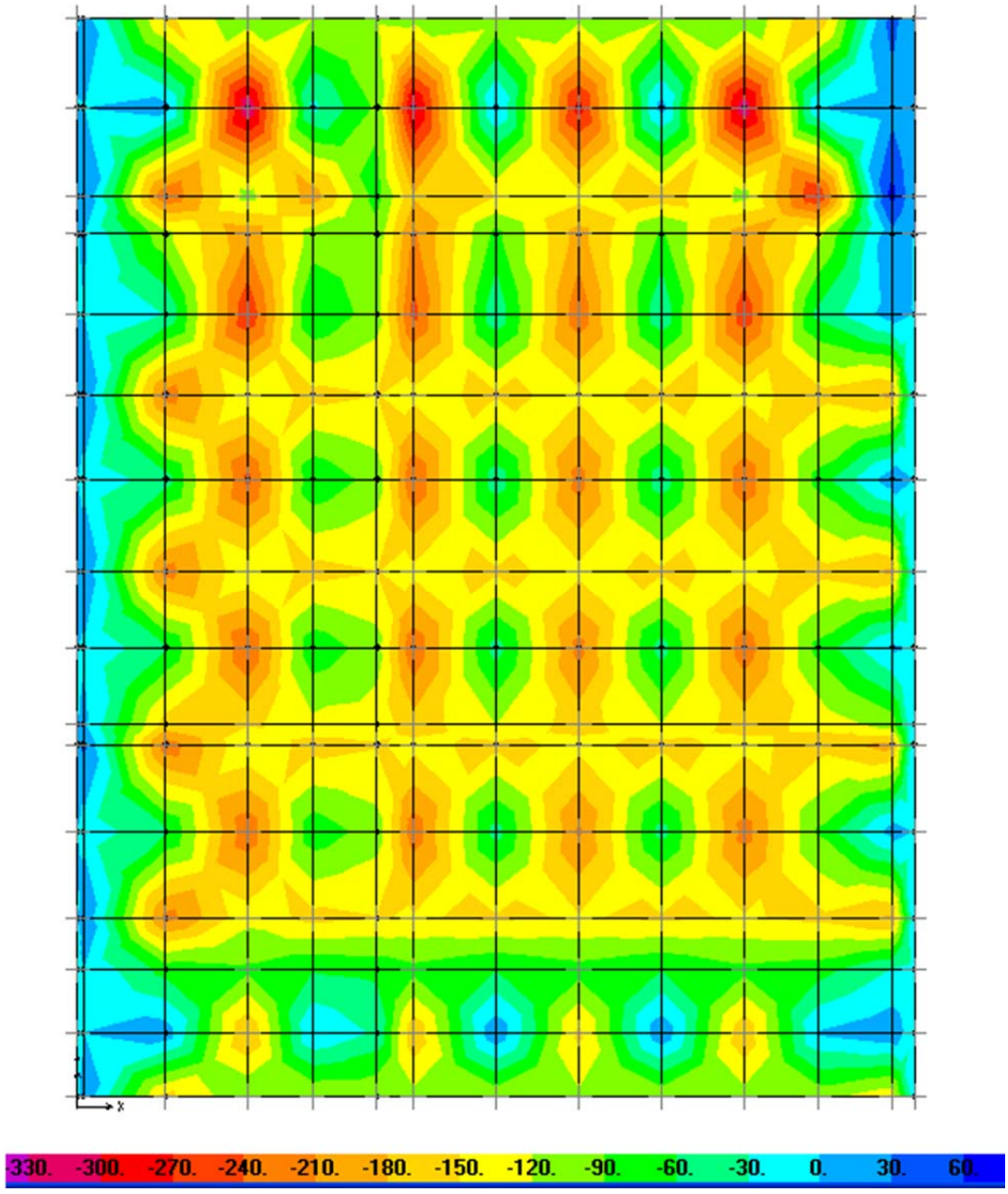


FIGURA 4.26 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLE(RARE) – MIN M11[KNM/M]

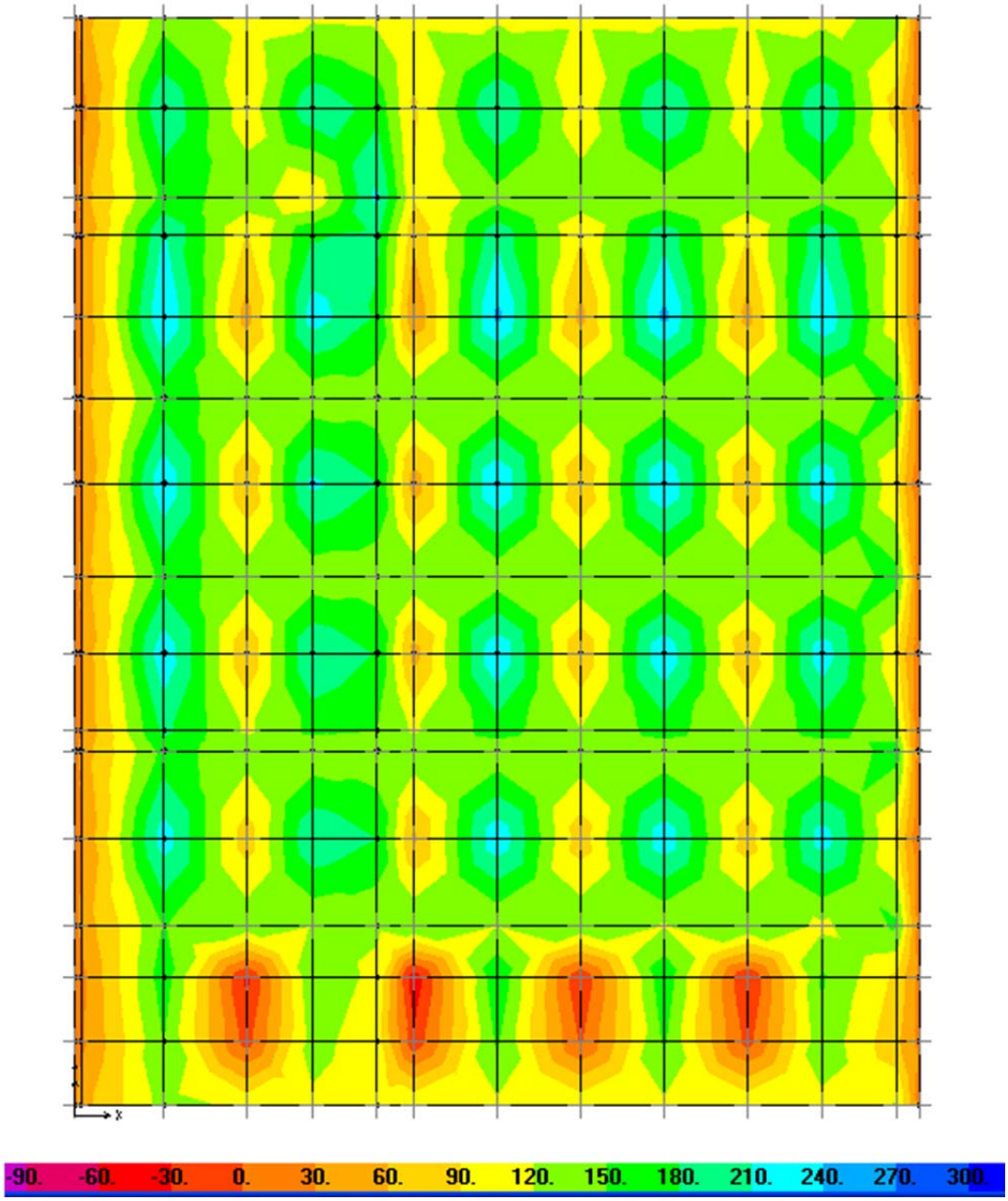


FIGURA 4.27 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8- INVILUPPO SLE(RARE) – MAX M11[KNM/M]

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto		sigma	
	Msd		B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup	acciaio	cls
		[kNm]	[m]	[m]	Tipo1	Tipo2	Tipo1	Tipo2	[cm]	[cm]	[N/mm^2]	
M22 celle 6-30 – assi 6-5-4-3-2	M+	+210	1.0	1.3	2.5Ø20		2.5Ø22		5	5	221	2.1
	M-	-270			2.5Ø20		2.5Ø22				235	2.5
M22 celle 1-5 - assi 6	M+	+38	1.0	0.5	2.5Ø20		2.5Ø20		5	5	40	0.4
	M-	-30			2.5Ø20		2.5Ø20				32	0.3
M11 Celle da 7-8-9/12-13-14/17-18-19/22-23-24/27-28-29 int. a Assi B-C-D-E	M+	+230	1.0	1.3	2.5Ø22		2.5Ø22		7	7.2	204	2.2
	M-	-230			2.5Ø22		2.5Ø22				204	2.2
M11 Cella 1-5 – assi A-B-C-D-E-F	M+	+150	1.0	0.5	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	7	7	207	5.7
	M-	-150			2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22	2.5Ø22			207	5.7
M11 Celle 27-28-29– assi A-B-C-D-E-F	M+	+190	1.0	1.3	2.5Ø22		2.5Ø22		7	7.2	168	1.8
	M-	-280			2.5Ø22		2.5Ø22	2.5Ø14			178	2.3
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione												

TABELLA 4-9 - SOVRASTRUTTURA SU CASSONE Q8 – VERIFICHE SLE(COMBINAZIONI RARE)